



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

Dirección General de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería Geológica, Minas, Metalurgia y

Geográfica

Unidad de Posgrado

**Influencia mineragráfica en la recuperación de oro en  
los procesos metalúrgicos de la minera Qero's Gold de  
Paucartambo – Cusco**

**TESIS**

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geometalurgia

**AUTOR**

Alvaro Fernando SOTO MAYORGA

**ASESOR**

Juan José LEGUÍA LETELLIER

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Soto, A. (2021). *Influencia mineragráfica en la recuperación de oro en los procesos metalúrgicos de la minera Qero's Gold de Paucartambo – Cusco*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minas, Metalurgia y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---

## HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

Código ORCID del autor	<a href="https://orcid.org/0000-0002-3673-9646">0000-0002-3673-9646</a>
DNI o pasaporte del autor	72651935
Código ORCID del asesor	<a href="https://orcid.org/0000-0002-7337-7963">0000-0002-7337-7963</a>
DNI o pasaporte del asesor	08798986
Grupo de investigación	“—”
Agencia financiadora	Financiación propia
Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación	PAUCARTAMBO - CUSCO <a href="https://goo.gl/maps/KciAQi68rE5tJScBA">https://goo.gl/maps/KciAQi68rE5tJScBA</a>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018 - 2019
Disciplinas OCDE	Geología <a href="http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.06">http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.06</a> Mineralogía <a href="http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.02">http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.02</a>



## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

### **SUSTENTACIÓN PÚBLICA**

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos - Lima, a los trece días del mes de enero del año dos mil veintiuno, siendo las once horas, se reúnen los suscritos Miembros del Jurado Examinador de Tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000138-2020-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 26 de diciembre del 2020, con la finalidad de evaluar la sustentación virtual a la amparo de la Directiva de la UNMSM aprobada con Resolución Rectoral N° 01357-R-20 de la siguiente tesis:

#### **TÍTULO**

**«INFLUENCIA MINERAGRÁFICA EN LA RECUPERACIÓN DE ORO EN LOS PROCESOS METALÚRGICOS DE LA MINERA QERO'S GOLD DE PAUCARTAMBO - CUSCO»**

Presentado por el Bach. **ALVARO FERNANDO SOTO MAYORGA**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **GEOMETALURGIA**.

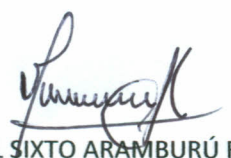
El Miembro del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 03811/FIGMMG/2019 de fecha 08 de mayo del 2019, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y que cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación, se procede con la calificación de la Tesis, de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente de conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

#### **BUENO (16)**

Habiendo sido aprobada la sustentación virtual de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER** en **GEOMETALURGIA** al Bach. **ALVARO FERNANDO SOTO MAYORGA**.

Siendo las 12:00 horas, se dio por concluido al acto académico.

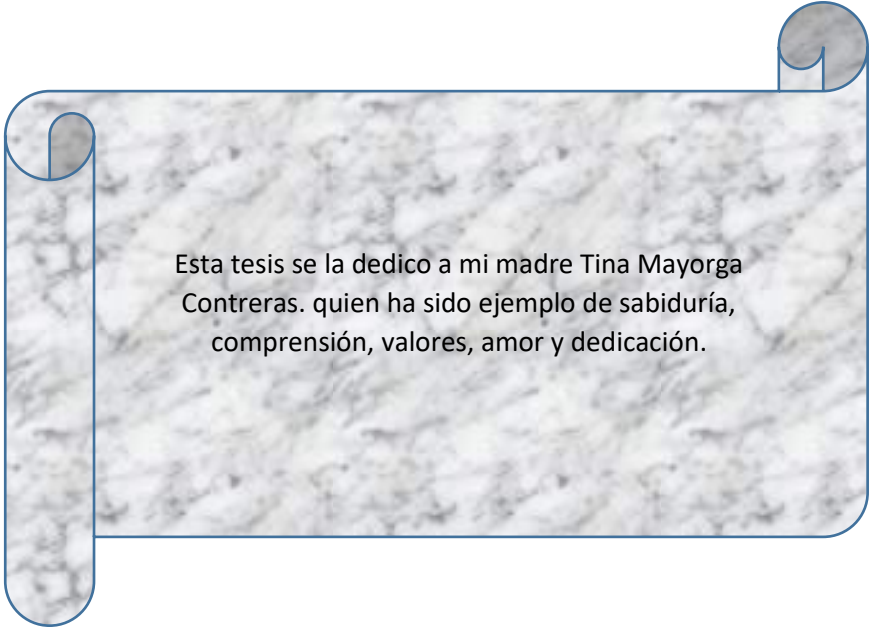
  
DR. VIDAL SIXTO ARAMBURÚ ROJAS  
Presidente

  
MG. DANIEL FLORENCIO LOVERA DÁVILA  
Miembro

  
MG. JOSÉ ANDRÉS YPARRAGUIRRE CALDERÓN  
Miembro

  
MG. JUAN JOSÉ LEGUÍA LETELLIER  
Asesor

## DICATORIA



Esta tesis se la dedico a mi madre Tina Mayorga Contreras. quien ha sido ejemplo de sabiduría, comprensión, valores, amor y dedicación.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis profesores de la unidad de posgrado de Geometalurgia de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, quienes me han proporcionado los elementos teóricos para comprender mejor e investigar cómo influye la mineragrafía en la recuperación de oro utilizando los procesos metalúrgicos.

El agradecimiento especial a todas las personas quienes me han alentado, colaborado, y han hecho posible la conclusión de esta tesis.

A todos ellos, infinita gratitud y mi compromiso de seguir aportando al mayor conocimiento de la Geometalurgia.

Alvaro Fernando Soto Mayorga.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO.....	II
INDICE GENERAL .....	III
RESUMEN .....	XI
ABSTRACT .....	XII
NOMENCLATURA .....	XIII

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Situación problemática .....	1
1.2 Formulación de problema .....	2
1.3 Justificación de la investigación .....	3
1.4 Objetivos de la investigación .....	5

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 Ubicación geográfica .....	6
2.1.1 Ubicación política de la zona de estudio .....	6
2.1.2 Accesibilidad a la zona .....	7
2.1.3 Geología .....	9
2.1.4 Batolito de Queros .....	9
2.1.5 Intrusivos menores .....	10
2.1.6 Formación Sandia (OS-S) .....	11
2.1.7 El ciclo orogénico andino .....	12
2.1.8 El oro .....	12
2.1.9 Mineragrafía .....	13
2.1.10 Microscopía de minerales opacos en mineragrafía .....	15
2.1.11 Microscopio electrónico de barrido .....	15
2.2 Antecedentes de la investigación .....	17
2.2.1 Local .....	17
2.2.2 Nacional .....	18
2.2.3 Internacional .....	19
2.3 Marcos conceptuales .....	19



## CAPÍTULO III

### HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis y variables .....	22
3.2 Identificación de variables.....	22
3.3 Operacionalización de variables .....	23
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>26</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
4.1 Tipo investigación.....	26
4.2 Nivel investigación.....	26
4.3 Diseño investigación .....	27
4.4 Método investigación .....	27
4.5 Unidad análisis .....	27
4.6 Población estudio.....	28
4.7 Tamaño muestra.....	28
4.8 Selección muestra .....	28
4.9 Técnica recolección de datos .....	29
4.10 Análisis e interpretación de la información .....	29
4.11 Caracterización de la muestra .....	30

## CAPÍTULO V

### ESTUDIO GEOLÓGICO Y MINERAGRÁFICO

5.1 Mineralización del área de estudio .....	32
5.1.1 Veta Inkaracay .....	32
5.2.2 Veta Mina Sanca 2.....	32
5.2 Zona de stock work .....	34
5.3 Análisis mineralógico para determinar grado de liberación.....	35
5.4 Caracterización macroscópica .....	37
5.5 Análisis mineralógico de grado de liberación .....	39
5.5.1 Muestra de mineral (1) a malla +100 mallas ----→ Veta Inkaracay [MIR1] .....	39
5.5.2 Muestra de mineral (2) a malla +200 mallas ----→ Veta Inkaracay [MIR1] .....	41
5.5.3 Muestra de mineral (3) a malla -200 mallas ----→ Veta Inkaracay [MIR1] .....	45
5.5.4 Muestra de mineral malla +100 mallas ---→ Veta Mina Sanca [MS 4].....	48
5.5.5 Muestra de mineral malla +200 mallas ---→ Veta Mina Sanca [MS 4].....	51
5.5.6 Muestra de mineral malla -200 mallas ---→ Veta Mina Sanca [MS 4] .....	54
5.6 Análisis mineralógico por difracción de rayos x .....	57
5.6.1 Características del difractómetro de rayos x .....	60
5.7 Análisis por microscopia electrónica de barrido .....	60
5.7.1 Microscopia electrónica de barrido del concentrado gravimétrico de oro .....	60

5.7.2 Procedimiento de separación por mallas.....	60
5.7.3 Observación de la pirita encontrada en el concentrado.....	72
5.7.4 Observación de la arsenopirita encontrada en el concentrado .....	72

## **CAPITULO VI**

### **ESTUDIO METALÚRGICO**

6.1 Pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio .....	73
6.2 Preparación mecánica de muestra.....	79
6.3 Caracterización química.....	81
6.3.1 Determinación de humedad.....	81
6.3.2 Análisis químico.....	81
6.4 Moliendabilidad .....	82
6.5 Concentración gravimétrica Falcon L-40 .....	82
6.6 Lixiviación por agitación en botella.....	82
6.7 Flotación Rougher.....	83
6.7.1 Muestra compósito .....	83
6.7.2 Muestra 2 .....	82
6.7.3 Muestra 3 .....	82
6.8 Pruebas metalúrgicas de cianuración a una mezcla (blending) distinto .....	82
6.8.1 Preparación de muestras .....	82
6.8.2 Condiciones de cianuración.....	82
6.8.3 Presentación de resultados .....	82
6.9 Prueba de cianuración directa por agitación en botellas.....	82
6.10 Prueba de cianuración por agitación en botellas con carbón en pulpa .....	82
6.11 Prueba de cianuración directa desde molienda .....	100
6.12 Prueba de cianuración desde molienda seguido con carbón en pulpa .....	82
6.13 Evaluación de los resultados de pruebas metalúrgicas de cianuración a una mezcla (blending) distinto .....	82

## **CAPITULO VII**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

7.1 Proceso metalúrgico seleccionado.....	83
7.2 Efecto de la influencia mineralógica de la mena y ganga mediante la técnica mineragráfica.....	83
7.3 Efecto de las pruebas metalúrgicas para seleccionar el proceso.....	83
7.4 Efecto de la mineragrafía en la recuperación de oro .....	83
CONCLUSIONES .....	82
RECOMENDACIONES .....	82

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Localización de la provincia de Paucartambo. (Fuente: World Map).....	6
<b>Figura 2.-</b> Ubicación de la comunidad de Kallacancha. (Fuente: Google Earth).....	7
<b>Figura 3.-</b> Nación Q'eros regiones y ciudades aledañas. Tomado de Wissler, H (2010).....	8
<b>Figura 4.-</b> Concesiones mineras de Paucartambo. Tomado de Mendoza, A., et al. (2014).....	8
<b>Figura 5.-</b> Afloramiento del batolito de Queros .....	10
<b>Figura 6.-</b> Material morrenico conformado por Fragmentos angulosos de pizarra y cuarzo. ....	11
<b>Figura 7.-</b> Muestra mineralógica de oro vista al microscopio. Tomado de Ardenne, M. (2016). .....	14
<b>Figura 8.-</b> Secciones pulidas vistas en microscopio. Tomado de Ardenne, M. (2016). ....	15
<b>Figura 9.-</b> Microscopio Electrónico de Barrido. Tomado de ACMAL Michigan Tech.....	16
<b>Figura 10.-</b> Muestra de oro libre en el manto con buzamiento. (Fuente: El autor) .....	33
<b>Figura 11.-</b> Manto con ligero buzamiento. (Fuente: El autor) .....	33
<b>Figura 12.-</b> Zona con diseminación de Oro en venillas en diversas direcciones. (Fuente: El autor) .....	34
<b>Figura 13.-</b> Formación de especies mineralógicas. (Fuente: FA ingenieros S.A.C) .....	35
<b>Figura 14.-</b> Muestra 1 (M-01) para descripción macroscópica (Fuente: El autor).....	38
<b>Figura 15.-</b> Muestra 2 (M-02) para descripción macroscópica (Fuente: El autor).....	38
<b>Figura 16.-</b> Tipos de crecimiento y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C). ....	39
<b>Figura 17.-</b> Porcentaje de grado de liberación malla +100 mallas. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	39
<b>Figura 18.-</b> Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla +100. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	41
<b>Figura 19.-</b> Tipos de intercrecimientos y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C) .....	42
<b>Figura 20.-</b> Representación de los grados de liberación de los minerales presentes. (Fuente: FA ingenieros S.A.C) .....	42
<b>Figura 21.-</b> Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla +200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	44
<b>Figura 22.-</b> Tipos de intercrecimiento y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	45
<b>Figura 23.-</b> Representación de los grados de liberación de los minerales presentes.....	46
<b>Figura 24.-</b> Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla -200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	48
<b>Figura 25.-</b> Tipos de intercrecimiento y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	49
<b>Figura 26.-</b> Representación de los grados de liberación de los minerales presentes. (Fuente: FA ingenieros S.A.C) .....	49
<b>Figura 27.-</b> Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla -200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	51
<b>Figura 28.-</b> Tipos de intercrecimiento y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	51
<b>Figura 29.-</b> Representación de los grados de liberación de los minerales presentes. (Fuente: FA ingenieros S.A.C) .....	52
<b>Figura 30.-</b> Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla +200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	54
<b>Figura 31.-</b> Tipos de intercrecimiento. (Fuente: FA ingenieros S.A.C) .....	54
<b>Figura 32.-</b> Representación de los grados de liberación de los minerales presentes. (Fuente: FA ingenieros S.A.C) .....	54
<b>Figura 33.-</b> Microfotografía de muestra mineralógica a malla -200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	57

<b>Figura 34.-</b> Difracto grama de la Muestra MIR 1 VETA INKARACAY mostrando los minerales identificados. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	58
<b>Figura 35.-</b> Difracto grama de la Muestra MS 4 VETA MINA SANCA 2 mostrando los minerales identificados. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).....	59
<b>Figura 36.-</b> Fotografía (1) microscopio electrónico de barrido a 100 aumentos (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	61
<b>Figura 37.-</b> Espectrograma del MEB indicando la cantidad de cada elemento dentro del rango de análisis del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	62
<b>Figura 38.-</b> Fotografía (2) a 1234 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	62
<b>Figura 39 .-</b> Espectrogramas del MEB; análisis espectral del cristal de Pirita con contenidos altos en S y Fe. (Fuente: Química Germana S.A.C).....	63
<b>Figura 40.-</b> Espectrogramas del MEB; análisis espectral de una Macropartícula de Electrum con contenidos de Oro y Plata. (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	63
<b>Figura 41.-</b> Fotografía (3) a 2500 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	64
<b>Figura 42.-</b> Análisis espectral por MEB de la Arsenopirita se observa altos contenidos de S, Fe, As y Au en mínima cantidad. (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	64
<b>Figura 43 .-</b> Fotografía (4) a 3000 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	65
<b>Figura 44.-</b> Análisis espectral por MEB del sulfosal incluido dentro de la pirita. (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	65
<b>Figura 45.-</b> Fotografía (5) a 1500 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	66
<b>Figura 46.-</b> Análisis de muestras de cuarzo, arsenopirita y pirita. (Fuente: Química Germana S.A.C).....	66
<b>Figura 47.-</b> Fotografía (6) a 1500 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	67
<b>Figura 48.-</b> Análisis espectral por MEB del Electrum. (Fuente: Química Germana S.A.C).....	67
<b>Figura 49.-</b> Análisis espectral por MEB del Electrum. (Fuente: Química Germana S.A.C).....	68
<b>Figura 50.-</b> Análisis espectral por MEB de muestras de Hematita y Esfalerita. (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	68
<b>Figura 51.-</b> Análisis espectral por MEB de muestra de Galena Argentífera. (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	69
<b>Figura 52.-</b> Análisis espectral por MEB de Electrum a 200 aumentos. (Fuente: Química Germana S.A.C) .....	69
<b>Figura 53.-</b> Flow sheet del proceso metalúrgico (Fuente: El autor).....	100
<b>Figura 54.-</b> Flow sheet del proceso metalúrgico - dosificación de agua y reactivos (Fuente: El autor). .....	100
<b>Figura 55.-</b> Esquema general del proceso. (Fuente: Elaboración propia) .....	79
<b>Figura 56.-</b> Análisis de molienda (Fuente: Elaboración propia) .....	82
<b>Figura 57.-</b> Curva de moliendabilidad P80 vs Tiempo (Fuente: Elaboración Propia) .....	82
<b>Figura 58.-</b> Concentrador gravimétrico Falcon F-140 .....	82
<b>Figura 59 .-</b> Gráfico de cinética de extracción de Au / Ag – Muestra 2.....	82
<b>Figura 60.-</b> Gráfico de consumo de reactivos – Muestra 2 .....	82
<b>Figura 61.-</b> Pruebas de flotación (Fuente: El Autor) .....	83
<b>Figura 62.-</b> Cinética de cianuración prueba N° 1. (Fuente: El autor).....	82
<b>Figura 63.-</b> Cinética de cianuración prueba N° 2 (Fuente: El autor).....	100

<b>Figura 64.-</b> Cinética de cianuración prueba N° 3. (Fuente: El autor).....	82
<b>Figura 65.-</b> Cinética de cianuración prueba N°4. (Fuente: El autor).....	82
<b>Figura 66.-</b> Gráfico de caracterización de minerales perjudiciales con la recuperación metalúrgica.....	122

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Ubicación política .....	6
<b>Tabla 2</b> Accesibilidad a minera Quero's .....	7
<b>Tabla 3.-</b> Abreviatura de las especies minerales presentes en el análisis mineralógico .....	20
<b>Tabla 4.-</b> Tabla de amarres mineralógicos .....	21
<b>Tabla 5.-</b> Operacionalización de variables .....	24
<b>Tabla 6.-</b> Resumen métodos de análisis en mineral fresco y de concentrado para diversas pruebas minerográficas.....	30
<b>Tabla 7.-</b> Cuadro resumen de pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio.....	31
<b>Tabla 8.-</b> Configuración individual de un grupo de partículas mixtas del Tipo A/B .....	36
<b>Tabla 9.-</b> Descripción petrográfica macroscópica .....	37
<b>Tabla 10.-</b> Análisis mineralógicos de la muestra MIR 1 veta Inkaracay +100 mallas .....	63
<b>Tabla 11.-</b> Análisis mineralógico de la muestra MIR 1 veta Inkaracay +200 mallas.....	66
<b>Tabla 12.-</b> Análisis mineralógico de la muestra MIR 1 veta Inkaracay -200 mallas.....	70
<b>Tabla 13.-</b> Análisis mineralógicos de la muestra MS 4A veta mina Sanca 2 +100 mallas .....	73
<b>Tabla 14.-</b> Análisis mineralógicos de la muestra MS 4A veta mina Sanca 2 +200 mallas .....	76
<b>Tabla 15.-</b> Análisis mineralógicos de la muestra MS 4A veta Mina Sanca 2 -200 mallas.....	79
<b>Tabla 16.-</b> Muestra [MIR 1] VETA INKARACAY .....	58
<b>Tabla 17.-</b> Muestra [MS 4] VETA MINA SANCA 2 .....	59
<b>Tabla 18.-</b> Resumen análisis mineralógico por MEB del concentrado gravimétrico .....	93
<b>Tabla 19.-</b> Tabla interpretativa en la fase de microfotografías.....	71
<b>Tabla 20.-</b> Tamaño y porcentaje de volumen en el análisis del concentrado .....	71
<b>Tabla 21.-</b> Análisis por MEB del Electrum .....	72
<b>Tabla 22.-</b> Análisis por MEB de la pirita .....	72
<b>Tabla 23.-</b> Análisis por MEB de la pirita .....	72
<b>Tabla 24.-</b> Composición mineralógica porcentual.....	75
<b>Tabla 25.-</b> Cuadro resumen del mes de febrero donde se aprecia los rangos mínimos y máximos .....	76
<b>Tabla 26.-</b> Codificación, peso de las muestras para los respectivos procesos metalúrgicos y porcentaje de mezcla (blending) .....	79
<b>Tabla 27.-</b> Humedad de las muestras.....	81
<b>Tabla 28.-</b> Análisis químico de cabeza.....	81
<b>Tabla 29.-</b> Análisis químico por espectrómetro de plasma ICP .....	82
<b>Tabla 30.-</b> Resultados de análisis granulométrico.....	82
<b>Tabla 31.-</b> Resumen de Tiempo, % -m200 y P80 calculado .....	82

<b>Tabla 32.-</b> Cuadro resumen de moliendabilidad.....	82
<b>Tabla 33.-</b> Parámetros operativos – concentración gravimétrica .....	82
<b>Tabla 34.-</b> Balance metalúrgico concentrado gravimétrico (1 corrida) – Muestra - 2. ....	82
<b>Tabla 35.-</b> Balance metalúrgico concentrado gravimétrico (1 corrida) – Muestra – 3.....	82
<b>Tabla 36.-</b> Resumen prueba gravimétrica.....	82
<b>Tabla 37.-</b> Parámetros de operación – Lixiviación por agitación.....	82
<b>Tabla 38.-</b> Balance metalúrgico lixiviación – Muestra 2 .....	82
<b>Tabla 39.-</b> Consumo de Reactivos – Lixiviación cianurada – Muestra 2.....	82
<b>Tabla 40.-</b> Condiciones de flotación Ro – Muestra I.....	82
<b>Tabla 41.-</b> Balance metalúrgico flotación Ro –Muestra 1 (A1) (65% -m200).....	82
<b>Tabla 42.-</b> Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 1 (A2) (85% -m200).....	82
<b>Tabla 43.-</b> Condiciones de flotación Ro – Muestra 2.....	82
<b>Tabla 44.-</b> Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 2 (A3) (65% -m200).....	82
<b>Tabla 45.-</b> Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 2 (A4) (85% -m200).....	82
<b>Tabla 46.-</b> Condiciones de flotación Ro – Muestra 3.....	82
<b>Tabla 47.-</b> Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 3 (A5) (65% -m200).....	82
<b>Tabla 48.-</b> Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 3 (A6) (85% -m200).....	82
<b>Tabla 49.-</b> Ley calculada de oro y plata .....	82
<b>Tabla 50.-</b> Actividades a desarrollar.....	82
<b>Tabla 51.-</b> Programa de pruebas.....	82
<b>Tabla 52.-</b> Tamizado concentrado sin molienda.....	82
<b>Tabla 53.-</b> Tamizado concentrado con molienda .....	82
<b>Tabla 54.-</b> Balance y resultados prueba N°1 .....	82
<b>Tabla 55 .-</b> Balance y resultados prueba N°2 .....	100
<b>Tabla 56.-</b> Balance y resultados prueba N°3 .....	82
<b>Tabla 57.-</b> Balance y resultados prueba N°4 .....	82
<b>Tabla 58.-</b> Tabla de resultados de pruebas metalúrgicas .....	82

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación, tiene como objetivo fundamental dar a conocer la influencia mineragráfica, para la recuperación de oro utilizando la técnica del análisis de microscópico y macroscópica, luego se analiza en el laboratorio metalúrgico con la finalidad de determinar los porcentajes de recuperación.

Mediante un estudio geológico se determinó que el batolito de Quero's es un afloramiento con intrusiones de la formación sandia en la cordillera occidental, las características que presenta el yacimiento son de tipo vetas con potencias que van desde los 15 a 20 cm para la Veta Inkaracay y 17 cm para la veta Mina Sanca ambas con distintas leyes geológicas que permutan entre los 5 y 8 g/Tn.

Con el fin de obtener una caracterización geológica detallada se hace uso del microscopio de luz polarizada para determinar los amarres mineralógicos, contenido metálico y gangas; además se realizó un análisis al concentrado con el uso del microscopio electrónico de barrido garantizando el análisis de inclusiones mineralógicas, grado de liberación y difracción de rayos x; para determinar la presencia de arcillas y otros minerales no metálicos presentes en el cuerpo mineralógico.

Para las pruebas metalúrgicas se utilizaron alrededor de 120 kilos de mineral entre concentrado mineralógico y mineral sin tratar, se efectuaron cinco pruebas, como análisis de moliendabilidad, pruebas de cianuración en botellas, lixiviación CIP con molienda y sin molienda, concentración centrífuga, flotación rougher; obteniendo una eficiencia del 94.48% de recuperación en flotación rougher de oro con una mezcla (blending) de 75 % de la veta Inkaracay y 25% de la veta Mina Sanca 2.

Palabras claves: Mineragrafía, Cianuración, Macroscópica, Microscópica



## **ABSTRACT**

The main objective of this research work is to reveal the mineragraphic influence, for the recovery of gold using the microscopic and macroscopic analysis technique, then it is analyzed in the metallurgical laboratory in order to determine the recovery percentages.

Through a geological study it was determined that the Quero's batholith is an outcrop with intrusions of the watermelon formation in the western mountain range, the characteristics that the deposit presents are of vein type with powers ranging from 15 to 20 cm for the Inkaracay Vein and 17 cm for the Mina Sanca vein, both with different geological laws that change between 5 and 8 g / Tn.

In order to obtain a detailed geological characterization, the polarized light microscope is used to determine the degree of release, mineralogical ties, mineralogical associations, metallic content and bargains; In addition, a concentrate analysis was performed with the use of the scanning electron microscope, guaranteeing the analysis of mineralogical inclusions, degree of release and x-ray diffraction; to determine the presence of clays and other non-metallic minerals present in the mineralogical body.

For the metallurgical tests, around 120 kilos of mineral were used, between mineralogical concentrate and untreated mineral. Five tests were carried out, such as grinding analysis, cyanidation tests in bottles, CIP leaching with grinding and without grinding, centrifugal concentration, rougher flotation; obtaining an efficiency of 94.48% of gold rougher flotation recovery with a blending of 75% of the Inkaracay vein and 25% of the Mina Sanca 2 vein.

**Keywords:** Mineragraphy, Cyanidation, Macroscopic, Microscopic.

## NOMENCLATURA

t	Tiempo
$\mu\text{m}$	Micrómetro
%	Porcentaje
Lt/s	Litros por segundo
ppm	Partes por millón
Kg	Kilogramo
mg	Miligramo
g	Gramo
Gs	Gravedad específica
Psi	Libra por pulgada cuadrada (Pound square inch)
%R	Porcentaje de recuperación o valor respuesta
S	Segundos
Min	Minutos
tph	Toneladas por hora
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
km	Kilómetros
g/TM	Gramo por tonelada métrica.
ml	Mililitro
Mesh	Malla
Inch	Pulgada
TM/h	Tonelada métrica por hora
L	Litros
$\rho$	Densidad
g/Tn	Gramos por tonelada
Kg/ T	Kilogramo por tonelada
pH	Potencial de hidrogeniones

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 Situación problemática**

La minera Qero's Gold ubicada en Paucartambo - Cusco, alberga un depósito de oro orogénico cuyo comportamiento en gran medida dependerá de la alteración hidrotermal, asociaciones mineralógicas, estructura mineralizante y morfología del mineral. Es importante mencionar que las vetas de oro contienen minerales de hierro, cuarzo, pirita, pórfidos de cobre, arsenopirita, sulfuros, sulfosales antimoniuo de cobre y plomo, rocas metamórficas (pizarras), carbonatos de potasio, aluminio, sodio, y electrum que dificultan la extracción de oro.

El metal valioso se encuentra encapsulado dentro de una matriz de cuarzo y pirita este comportamiento hace que se requiera una sobre molienda y aumente los costos operativos; la presencia de carbonatos y sulfuros provoca que la flotación sea difícil debido a su hidrofobicidad, debido a los problemas mencionados surge la necesidad de realizar un estudio geometalúrgico para limitar el zoneamiento de mineralización de oro de la minera Qero's Gold.

El presente trabajo se divide en dos etapas; la primera etapa, es el estudio mineragráfico microscópico y macroscópico, se realizará una caracterización mineralógica con el uso del microscopio de luz polarizada esto nos brindará datos como tamaño de grano, textura del mineral, asociaciones mineralógicas, etc., también se hará uso del Microscopio Electrónico de Barrido el cual nos brinda las especies mineralógicas mediante la caracterización del concentrado aurífero, así como imágenes amplificadas del concentrado de oro de la minera Qero's Gold de Paucartambo - Cusco. Para determinar

las propiedades físicas de dureza, tenacidad, raya, fractura y corte del mineral se hará uso de la caracterización del mineral a nivel macroscópico.

Para la segunda parte, se procederá a realizar las pruebas metalúrgicas moliendabilidad, concentración gravimétrica, flotación, cianuración en botellas a nivel de laboratorio con la finalidad de determinar el proceso metalúrgico adecuado según las características del mineral.

## **1.2 Formulación de problema**

Los yacimientos orogénicos son fuente importante de la producción aurífera mundial, pero no se da mucha importancia a la investigación de estos yacimientos, este hecho conlleva a la poca inversión en la prospección y explotación (Goldfarb et al., 2005).

En la región del Cusco se tiene evidenciada la presencia de depósitos orogénicos en la provincia de Paucartambo y alrededores que actualmente están siendo explotados de manera informal e improvisada por personas naturales de la zona con fines de sustento económico con desconocimiento de la geología, geometalurgia y los procesos metalúrgicos que acarrea cada mineral.

La minera Qero's Gold, se encuentra actualmente en etapa de explotación, durante el proceso de recuperación metalúrgica se presenta deficiencias debido a que el mineral comenzó a presentar cambios en su composición química mostrando presencia de carbonatos y sulfuros, así como el encapsulamiento del oro en una matriz de cuarzo – pirita, que no hace posible una recuperación de oro eficiente.

La falta de conocimiento de las características mineralógicas propias del mineral que ingresa a planta trae como consecuencias pérdidas económicas por el mal manejo del proceso metalúrgico, debido a una mala planificación de mezcla o blending en planta que permite formular el siguiente problema general:

### **1.2.1 Problema general**

¿Los estudios minerográficos permitirán determinar el proceso metalúrgico para elevar la recuperación de oro en minera Qero's Gold de Paucartambo- Cusco?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Las características mineralógicas se conocerán mediante el comportamiento minerográfico de los minerales presentes en la minera Qero's Gold de Paucartambo - Cusco?
- ¿Cómo los estudios minerográficos influyen en el proceso metalúrgico para elevar la recuperación de oro en minera Qero's Gold de Paucartambo- Cusco?
- ¿Qué estudios minerográficos determinan en el proceso metalúrgico para elevar la recuperación de oro en minera Qero's Gold de Paucartambo- Cusco?

## **1.3 Justificación de la investigación**

### **1.3.1 Justificación teórica**

Consciente de la importancia del análisis minerográfico para el desarrollo racional de nuestra minería; se ha elaborado el siguiente trabajo con la finalidad de exponer en forma breve y didáctica, el apoyo y las ventajas de un estudio minerográfico detallado, en la solución de los diferentes problemas que se presentan durante las fases de producción de un yacimiento mineral.

La empresa minera Qero's Gold es una planta de beneficio, que procesa mineral aurífero de las vetas Inkacay y mina Sanca 2, tiene una capacidad instalada de 25 TMSD, desde el inicio de la operación la ley de cabeza del mineral es de 8.0 g/TM de oro con una humedad promedio de 6%.

El oro libre se encuentra en tamaños de 10 y 60  $\mu\text{m}$ , como oro mixto entre tamaños de 10 y 20  $\mu\text{m}$ , el único control mineralógico que se toma es la pirita a través de la flotación selectiva, pero, aun así, se acarrea problemas en la conminución y concentración es por esto que se toma la decisión de un análisis geológico, mineragráfico y metalúrgico, a fin de evaluar otras opciones de procesamiento metalúrgico según las características del mineral.

La etapa de chancado cuenta con una chancadora de mandíbula de 8'' x 10'' la cual debe recibir mineral de tamaño menor de 4'', en la etapa de molienda siendo el rango promedio para que pueda flotar la pirita es de 65% -200 mallas, el ratio de concentración en la etapa de molienda es de 0.90 TMS/Hr, gira con a una velocidad de 26 RPM, con un motor de 50 HP.

### **1.3.2 Justificación práctica**

Para el proceso de cianuración es importante identificar a los minerales que actúan como cianicidas, por ejemplo: calcopirita, pirita, arsenopirita, carbonatos y sulfuros.

Las primeras aproximaciones realizadas a los trabajos de explotación del yacimiento aurífero Qero's Gold, ubicado en la provincia de Paucartambo, departamento de Cusco, permiten señalar que las labores de extracción minera se realizan mediante concentración centrífuga y flotación, este proceso no permite un óptimo aprovechamiento del recurso mineralógico.

Por esta razón, es necesario un estudio geológico, mineragráfico y metalúrgico que apunten a predecir el comportamiento del cuerpo mineralógico utilizando criterios de la geo-minero-metalurgia para determinar las asociaciones y anomalías mineralógicas.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Determinar el proceso metalúrgico para mejorar la recuperación del oro con base a la mineragrafía del mineral de la minera Qero's Gold de Paucartambo - Cusco.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Analizar la influencia mineralógica de la mena y ganga mediante la técnica mineragráfica en la minera Qero's Gold de Paucartambo – Cusco
- Realizar pruebas de caracterización mineralógica para seleccionar un proceso metalúrgico adecuado a la minera Qero's Gold de Paucartambo – Cusco.
- Evaluar en qué medida los estudios mineragráficos determinan en el proceso metalúrgico para elevar la recuperación de oro en minera Qero's Gold de Paucartambo- Cusco

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Ubicación geográfica**

La provincia de Paucartambo, tiene como capital a la ciudad del mismo nombre es una de las trece provincias del Departamento del Cusco, que se halla enclavada en el estrecho valle a las riberas de los ríos Mapacho y Q'enqomayo y se ubica al Sur Este de la Cordillera de los Andes peruanos, a una altura de 2,903 m.s.n.m.



**Figura 1.-** Localización de la provincia de Paucartambo. (Fuente: World Map)

##### **2.1.1 Ubicación política de la zona de estudio**

**Tabla 1** Ubicación política

DISTRITO	PAUCARTAMBO
COMUNIDAD	KALLACANCHA
SECTOR	HUILLKACUNCA

Fuente: El autor





**Figura 2.-** Ubicación de la comunidad de Kallacancha. (Fuente: Google Earth)

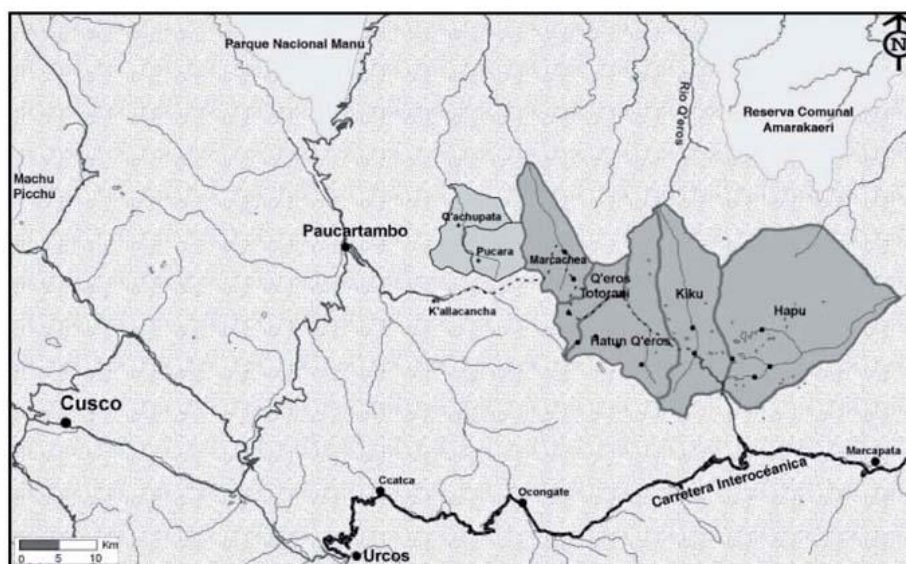
### 2.1.2 Accesibilidad a la zona

**Tabla 2** Accesibilidad a minera Quero's

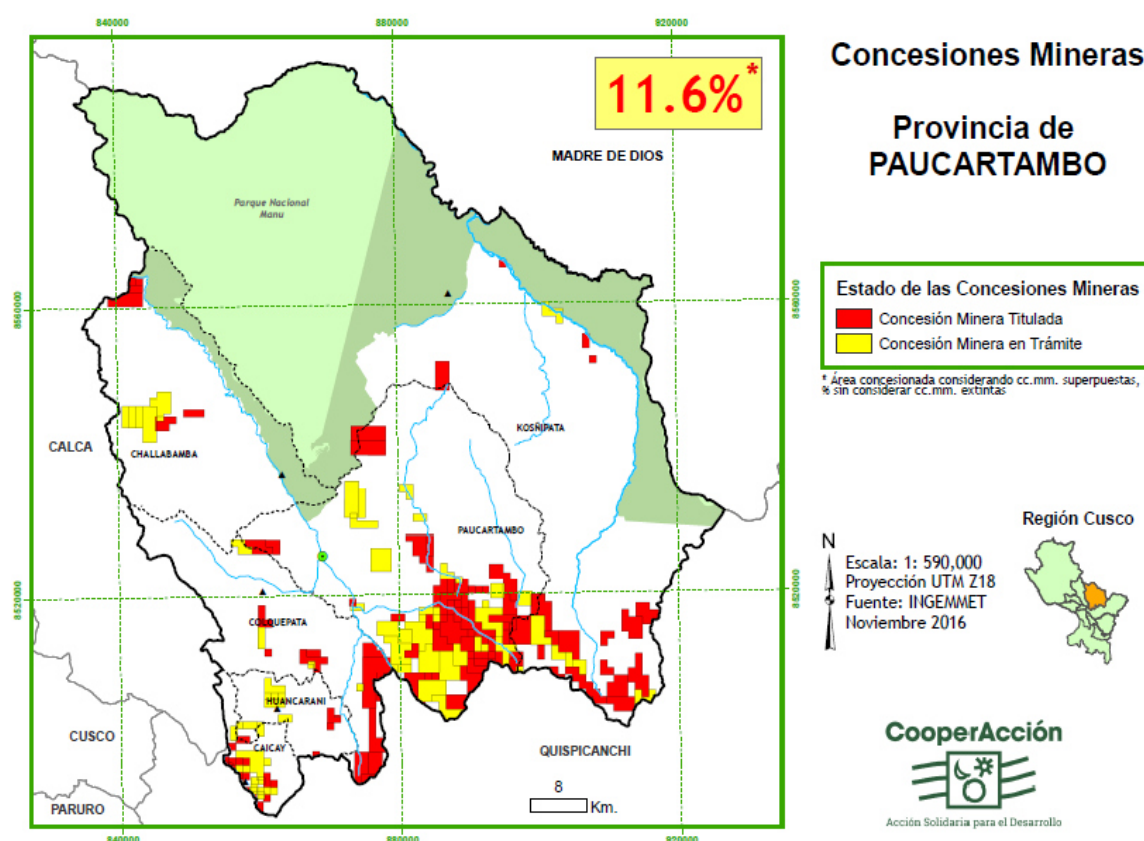
RUTA	DISTANCIA
Cusco -Paucartambo	155 Km
Paucartambo - Kallacancha	35 Km
Kallacancha – Inkaraccay	22 Km

Fuente: El autor

La empresa minera “QERO’S GOLD” se encuentra ubicado en el anexo de Huilcacunca Callacancha, Paucartambo, Región Cusco.



**Figura 3.-** Nación Q'eros regiones y ciudades aledañas. Tomado de Wissler, H (2010).



**Figura 4.-** Concesiones mineras de Paucartambo. Tomado de Mendoza, A., et al. (2014)

### **2.1.3 Geología**

Área de estudio se encuentra dentro de una faja orogénica afectada por falla longitudinales sub verticales inversas que en muchos casos involucran un basamento metamórfico.

La estratigrafía regional va desde el paleozoico inferior (Ordovícico) compuesto por rocas metamórficas en este caso pizarras, hasta el cuaternario compuesto por depósitos de origen coluvial, fluvial y/o fluvioglacial de potencial considerables las cuales se observan en las quebradas, terrazas y valles.

Cordillera Oriental que se representa por una transformación en el proceso del tectónico de plegamientos (fallamientos) de las distintas formaciones paleozoicas las cuales debido a procesos orogénicos originaron algunos yacimientos como los yacimientos cordilleranos, también conocido como filones de cuarzo, vetas en zonas de cizalla, yacimientos mesotermales y yacimientos orogénicos. Tienen como peculiaridad principal presentar poco volumen, pero ley alta (hasta kg/Tn). Audebaud, E. (1973), describe una serie de pizarras, areniscas y cuarcitas, en su mayor parte azoicas que cubren una gran extensión y forman el zócalo de toda la Cordillera Oriental y la dividió litológicamente en tres miembros: Inferior, Flysh y Serie Ocongate. Está representada mayormente por pizarras de grano muy fino, gris oscuras a negras, por intemperismo amarillo rojizas. Sus minerales más abundantes son el cuarzo y la sericita, esta última débilmente orientada y como mineral accesorio presenta pirita.

### **2.1.4 Batolito de Queros**

Se considera como un complejo de rocas intrusivas de naturaleza ácida, de gran profundidad de carácter discordante, son de origen ígneo de un mismo magma, estructuralmente ocupan dimensiones desde stocks que son pequeñas extensiones,

batolitos de gran extensión representados por granitos, granodioritas y dioritas que muestran una extensión ondulante de cuarzo desde las cumbres nevadas a una altitud de 5000 m.s.n.m, este cuerpo así delineado ocupa el 65% del área cuadrángulo de Chontachaca y se prolonga hasta Quince mil formando un complejo de plutones ácidos a intermedios (Ver figura 5).



**Figura 5.-** Afloramiento del batolito de Queros

### **2.1.5 Intrusivos menores**

Carlotto, (1996). Alude que algunos intrusivos menores de Qero's como Stocks, sills de gabro (gb) basalto (ba), diorita (di) son los que representan instrucciones básicas a intermedias, más jóvenes y generalmente son cortos, su ancho llega a medir 3m, por esa razón no alcanza a ser cartografiadas, excepto el afloramiento del río Piñipiñi y las areniscas del Grupo Ambo.

En los alrededores de Pillcopata, a lo largo del río Piñipiñi y en la zona limítrofe de los cuadrángulos de Chontachaca y Pillcopata; se observan inyecciones de diorita en la margen derecha del río Paucartambo (borde occidental del cuadrángulo de Chontachaca).



Los intrusivos del Batolito de Queros intuyen a las pizarras del Paleozoico inferior y sus apófisis penetran en rocas del Misisipiano (trocha Pillcopata-Sabaluyoc); son estas mismas relaciones afloran en los cuadrángulos vecinos de Calca

#### **2.1.6 Formación Sandia (OS-S)**

La formación Sandia aflora en toda la unidad minera de la veta Inkaracay, integrada por pizarras de color gris oscuro con una potencia de hasta de 1,200 m e intercalado con niveles de pizarras bituminosas (carbonosas) de hasta de 30 m de potencia, las pizarras poseen una esquistosidad bien definida tipo pizarrosa (slaty cleavage) donde se puede observar vetas y mantos de cuarzo lechoso poroso con incorporaciones de sílice gris (cuarzo ahumado) con aparición de óxidos en la superficie. La roca encajonante próxima a las vetas y/o mantos presenta cristales euhedrales de pirita (Py), que va disminuyendo según se va alejando de manto o la veta (Ver figura 6).



**Figura 6.-** Material morrenico conformado por Fragmentos angulosos de pizarra y cuarzo.

### **2.1.7 El ciclo orogénico andino**

La geodinámica andina está controlada principalmente por la tectónica de convergencia de placas. La grieta (rifting) activo iniciado en el Paleozoico sería el responsable a la larga de la ruptura del Pangea en el Jurásico temprano (180 Ma), el cual individualizó el continente Sudamericano (Zappettini et al, 2001). Steinmann (1929), establece 3 fases en la Tectónica Andina: fase peruana a fines del Cenomaniano, fase Incaica a fines del Oligoceno y fase quechua a fines del Plioceno. En la Faja Subandina las dos primeras son imperceptibles y se asume que el tectonismo en la periferia de la Cordillera Oriental fue continua, gradual progresivo, desde fines del Cretáceo hasta el Plioceno, que es cuando alcanza su mayor desarrollo.

### **2.1.8 El oro**

Es uno de los metales nobles de mejores características y uso más extendido. Se trata de un metal precioso que se encuentra en estado sólido y puro tanto en la corteza terrestre como en los fondos marinos y ríos, aunque en pequeñas cantidades. Su inalterabilidad en diversos ambientes ha hecho del oro que sea muy apreciado.

Según, Misari, F. (2010), casi todo el oro que se halla naturalmente está asociado con algo de plata y como la plata tiene propiedades muy similares, tiende a seguir las mismas rutas en los procesos de recuperación.

Dentro de sus propiedades, su punto de fusión es de 1073°C y la volatilización 2600°C. El número y peso atómico es de 79 y 197.0, respectivamente, la densidad del oro es de 19,42. Es más liviano a medida que contiene mayor proporción de plata, la conductividad térmica es de 103; y sus propiedades químicas se encuentra situado en el grupo IB del sistema periódico con la configuración electrónica  $4f^{14}5d^{10}6s^1$ . Actúa con los estados

de oxidación (+1; +3). Su potencial normal de reducción, a 25 °C, es 1.50 V. Debido a esto no reacciona con el oxígeno.

Sus principales minerales de este metal son: Calaverita mineral metálico, cuya composición química presenta la fórmula ( $\text{AuTe}_2$ ), su contenido es 56.44% de telurio y 43.56% de oro.

Silvanita perteneciente a la clase de los minerales sulfuros, es un telururo de plata y oro, se encuentra comúnmente en vetas hidrotermales de baja temperatura, es uno de los últimos minerales que se forman.

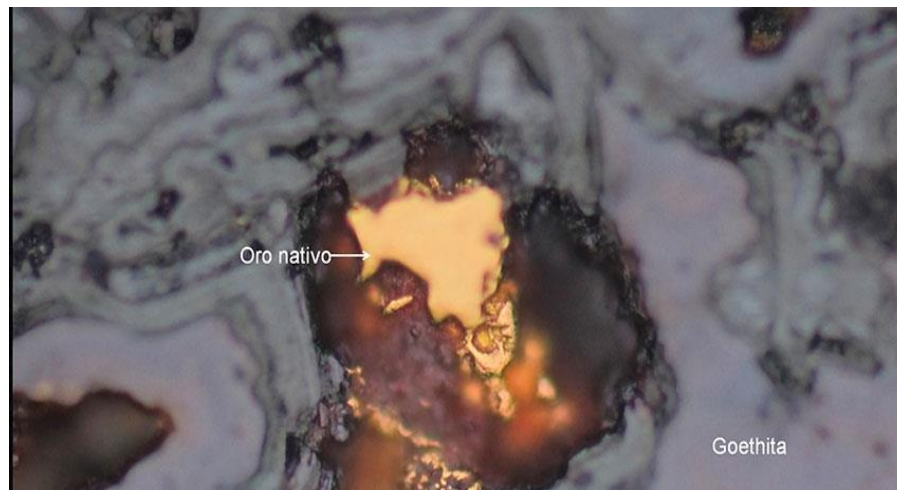
El electrum, se encuentra comúnmente en depósitos de oro con un alto contenido de plata, está típicamente en depósitos de tipo epitermal. Aquí el oro todavía está asociado con las impurezas metálicas de las aguas que contienen azufre en las que ha hecho su ascenso hacia la superficie; debido a esto, se asocia con minerales de plata como las platas de rubí, la estefanita y otros minerales de plata, así como otros sulfuros como la galena, esta se encuentra en la proporción de 1:4 de oro y plata respectivamente.

### **2.1.9 Mineragrafía**

Sirve para un análisis completo sobre la reflectividad de los minerales opacos, se trata de un análisis de muestras observables en el microscopio mineragráfico que permite el estudio de la luz reflejada por superficies pulidas debido a que los minerales de mena usualmente se encuentran intercrecidos por varios minerales de ganga que son transparentes.

El objetivo del examen microscópico de menas consiste en la identificación de minerales presentes, morfología, tamaño, asociaciones y relaciones de contacto, texturas y porcentajes, y secuencias paragenéticas. Este estudio se emplea en la caracterización de minerales económicos, y puede emplearse en muestras de exploración, mineral de

cabeza, concentrados o relaves mineros. Mediante este estudio se puede determinar la presencia de minerales metálicos y no metálicos, que pueden ser considerados contaminantes o problemáticos para los procesos metalúrgicos.



**Figura 7.-** Muestra mineralógica de oro vista al microscopio. Tomado de Ardenne, M. (2016).

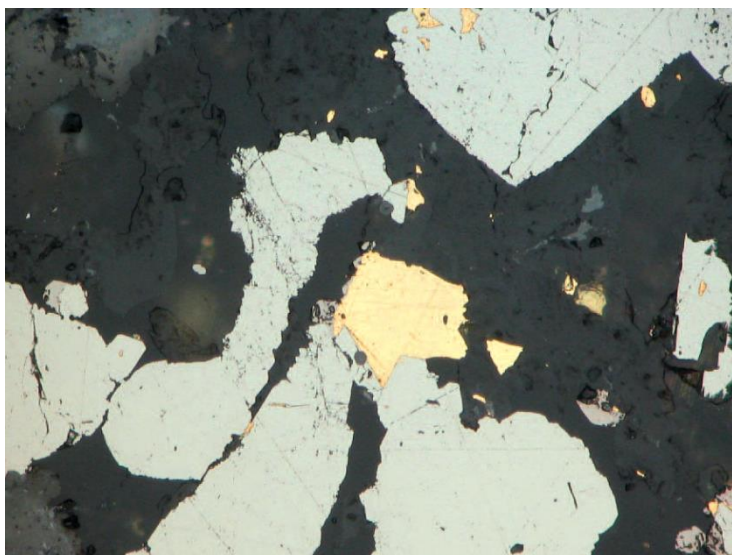
Las propiedades físicas de los minerales son de gran importancia para el metalurgista en una caracterización macroscópica ya que se podrá determinar la dureza, clivaje y brillo los cuales repercuten en el fracturamiento y cizallaje de las menas.

Una información detallada sobre estas propiedades físicas es de suma importancia debido a que evitan la sobre molienda, la formación de lamas y remolienda que podría complicar más la concentración de minerales o generar gastos operativos.

Atraves del análisis minerográfico, se puede incrementar el rendimiento y eficiencia de una planta metalúrgica en operación, con una caracterización al cuerpo mineralógico, los concentrados, productos intermedios y colas producida por la planta.

El mineralogista brinda información referente al grado de pureza de los concentrados y a su vez determina cuáles son las causas que ocasionan la perdida de minerales valiosos en los productos intermedios y en las colas.





**Figura 8.-** Secciones pulidas vistas en microscopio. Tomado de Ardenne, M. (2016).

#### **2.1.10 Microscopía de minerales opacos en mineragrafía**

Según Ardenne, M. (2016), es un método que sirve para el análisis de minerales opacos utilizando un microscopio polarizante de reflexión o luz reflejada o luz incidente a diferencia de la mineralogía óptica donde se utiliza el microscopio de luz transmitida.

Cuando se habla de pleocroísmo, se refiere al cambio de color o a la intensidad que presenta un mineral cuando se gira la platina del microscopio, o cuando hay absorción desigual de la luz, porque el mineral está en diferentes orientaciones, la gran mayoría de los minerales ferromagnesianos suelen ser pleocroísmo.

La reflectancia depende de la orientación cristalográfica de la sección que se observa y de la intensidad de la iluminación que pueden ser alta, media, y baja, en un mineral no coloreado si su reflectancia es alta se apreciará de color blanco, y gris si es baja.

#### **2.1.11 Microscopio electrónico de barrido**

Estrada, W. Solís, J., Rodríguez, J. (2009), actualmente, la principal herramienta para el análisis de la superficie radicular es el uso de la microscopia electrónica de barrido

(MEB), es un instrumento que permite la observación y análisis de las superficies de materiales orgánicos e inorgánicos.

Podemos indicar que se puede magnificar hasta 2000 veces ( $2000\times$ ) el tamaño de un objeto y resolver detalles de hasta 0,2 $\mu\text{m}$ . Con los cuales se puede obtener imágenes de todo tipo de materiales estructurales o de material biológico con un mínimo de preparación previa y observar directamente todo tipo de superficies con una gran profundidad de foco, como una superficie de fractura.

Por lo tanto, las principales ventajas que nos proporciona el MEB son: la obtención de imágenes con efecto tridimensional, el estudio de un gran número de muestras en un solo barrido, y que a través de un diseño sencillo permite realizar fotografías con amplios aumentos, desde ( $\times 3$ ) a ( $\times 150000$ ) (73). Este modo de observación nos va permitir también detectar pequeños escalones o depresiones.



**Figura 9.-** Microscopio Electrónico de Barrido. Tomado de ACMAL Michigan Tech

## **2.2 Antecedentes de la investigación**

### **2.2.1 Local**

- Silva, D. 2018 UNMSM, el objetivo de investigación es elucidar procesos químicos de superficies que ocurren durante la lixiviación de minerales que contienen plata mediante ESCA y microscopía de polarización, se realizó una lixiviación ácida para extraer cobre y hierro de la calcopirita y se utilizó la técnica del XPS para detectar las especies formadas y estados de oxidación del hierro y azufre en la superficie del mineral antes y después de su lixiviación. Se comprueba mediante esta técnica la formación de sulfato de hierro en la superficie la cual produce la pasivación de la calcopirita, mientras que el cobre no forma parte de esta capa pasivante. También se ha utilizado la técnica XPS para obtener información acerca del ambiente químico y estados de oxidación del hierro en la superficie de un mineral. Esta técnica es útil para investigar las especies adsorbidas en la superficie del óxido de hierro. Las conclusiones son de que el principal componente mineral es la pirita, y en menor cantidad es covelita, esfalerita y galena los cuales fueron identificados y caracterizados mediante XPS antes, durante y después de la lixiviación, los cambios que ocurren con los minerales durante la lixiviación se determinaron mediante la combinación de las técnicas XPS y microscopía de polarización. Las que se complementan y pueden ser utilizadas en minerales de cualquier otro yacimiento donde se puede obtener información valiosa, y los cambios detectados mediante microscopía de polarización muestran la formación de una pátina en la superficie de los minerales pirita, esfalerita y covelita.

### 2.2.2 Nacional

- Valeriano, M. 2018, UNSA. el objetivo del trabajo de investigación, es mostrar la aplicación de la microscopia óptica con el criterio Grado de Liberación como una herramienta importante para la toma de decisiones en las diversas etapas del procesamiento de minerales por flotación, los instrumentos para la recolección de datos utilizados en la investigación es el Cálculo de grado de liberación para el grano mixto de volumen – peso con análisis microscópico óptico y un ensayo químico. Las conclusiones al que arriba, es el estudio mineragráfico y la determinación microscópica del grado de liberación son herramientas importantes que les permitirá tomar medidas de control en las operaciones unitarias alrededor del proceso de flotación (como es el caso de la sobre molienda para evitar la formación de lamas). En el aspecto técnico el estudio mineragráfico y la determinación microscópica del grado de liberación exige una preparación de briquetas pulidas de calidad para su posterior estudio y determinación del grado de liberación. En la evaluación económica del estudio mineragráfico y la determinación microscópica del grado de liberación se concluye que el estudio en la Microscopia Óptica es la más rentable frente al análisis por Microscopia Electrónica de Barrido y el Análisis Químico.

### 2.2.3 Internacional

- Hunt, J., Berry, R., Bradshaw, D., 2011, Universidad de Quennsland objetivo de estudio es estimar la liberación potencial de la calcopirita, a través de fotografías de microscopía óptica y posterior uso de algoritmos de simulación de fracturamiento. Se usan 96 muestras de medio-testigo de 2 m, fracturados a un tamaño de partícula de +0.6 mm, 5 veces mayor a la partícula de calcopirita promedio, y se distribuyen en plaquetas.

En las conclusiones se afirma que hay gran variabilidad en las muestras de baja ley, mientras que las de mayor ley se correlacionan mejor con los ensayos MLA. El esperado costo menor del método permitiría que este se aplique a gran escala, clasificando las muestras en grados de liberación potencial, y generando información de buena densidad para ser usada en los modelos de bloques para geometalúrgia.

### 2.3 Marcos conceptuales

- Mineragrafía: La mineragrafía es el nombre tradicional para el estudio y la identificación de los minerales opacos.
- Análisis químico: Hace referencia al conjunto de técnicas y procedimientos empleados para identificar y cuantificar la composición química de una muestra.
- Paragénesis: El orden cronológico de deposición mineral Glosario de geología, (2012).
- Concentración gravimétrica: La concentración Gravimétrica de minerales es un proceso de recuperación de partículas valiosas, el cual está basado en la diferencia de densidades del mineral valor y su ganga. Vargas, J (1990).

- Textura: Formación de la roca, describe las relaciones entre los componentes que constituyen la roca. La textura es determinada por la forma de los componentes minerales y por las relaciones geométricas. Atlas de rocas ígneas (2013).

**Tabla 3.-** Abreviatura de las especies minerales presentes en el análisis mineralógico

Nombre	Símbolo	Composición química	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Dureza Mohs
Plagioclasas (Albita)	ab	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	2,62	7,0
Apatito	ap	Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH,F,Cl)	3,19	5,0
Arsenopirita	apy	FeAsS	6,10	5,0
Calcopirita	cp	CuFeS <sub>2</sub>	4,2	3,5
Clorita (Clinocloro)	clc	(Mg,Fe <sup>+2</sup> ,Al) <sub>5</sub> (Si, Al) <sub>4-10</sub> (OH) <sub>8</sub>	2,65	2,5
Cuarzo	cz	SiO <sub>2</sub>	2,66	7
Carbonato (Dolomita)	dln	CaMg (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	2,84	3,5
Esfalerita	ef	(Zn,Fe)S	4,0	4,0
Galena	gn	PbS	7,4	2,5
Goethita	goe	FeO.OH	3,8	5,0
Hematita	hm	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,3	6,5
Moscovita (Sericita)	mus	KAl <sub>2</sub> (Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH,F) <sub>2</sub>	2,88	2,5
Oro Nativo	Au	Au	17,64	2,5
Pirita	py	FeS <sub>2</sub>	5,01	6,5
Rutilo	rut	TiO <sub>2</sub>	4,25	6,5

Fuente: FA ingenieros

Tabla 4.- Tabla de amarres mineralógicos

	I	II	III	IV		I	II	III	IV
<b>1a SIMPLE</b> Límites curvos o rectilíneos. Es el tipo más frecuente.					<b>2d COLOFORME</b>				
<b>1b AMEBOIDE</b> Límites curvos y sinuosos. Muy frecuente.					<b>3a SANDWICH</b> Común. Ejemplos: cp en py, mb en py, cubanita en cp, al en mt.				
<b>1c GRÁFICO O MIRMEQUITICO O EUTECTICO</b> Común. Ejemplos: cp-sta, bn-ec					<b>3b ESTRATIFICADO O LAMELAR</b> Poco común. Ejemplos: po-pnt, il-mt.				
<b>1d DISEMINADO</b>					<b>3c RETICULAR</b> Poco común. Ejemplos: al en mt, bn en cp, cubanita en cp.				
<b>1e INCLUSIÓN</b>					<b>3d VETEADO</b>				
<b>2a CORONA</b> Común. Ejemplos: ec, cv en py, cp					<b>4a BORDE COMPUESTO</b>				
<b>2b SUB-CORONA</b>					<b>4b COMPENETRACIÓN</b>				
<b>2c CONCÉNTRICO</b>					<b>4c INTERSTICIAL</b>				

Fuente: FA ingenieros

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis y variables**

##### **3.1.1 Hipótesis general**

Los procesos metalúrgicos identificados e implementados en la industria, están relacionados significativamente con la caracterización mineralógica orientada a mejorar la recuperación de oro en la minera Qero's Gold de Paucartambo – Cusco.

##### **3.1.2 Hipótesis específicas**

- El análisis de los minerales al microscopio de barrido, determina eficazmente, textura, tamaño de grano y asociaciones de minerales que identifican el aspecto mineralógico en la minera Qero's Gold de Paucartambo - Cusco.
- Cuando se conoce la mineragrafía y composición química de un mineral la selección del proceso metalúrgico se hace eficaz.
- Todo proceso metalúrgico seleccionado, prioriza las características del mineral que conduce eficazmente a una alta recuperación de oro.

#### **3.2 Identificación de variables**

##### **3.2.1 Variables independientes.**

- Características mineralógicas del mineral

##### **3.2.2 Variables dependientes.**

- Porcentaje de recuperación de oro de acuerdo al proceso seleccionado.



### **3.3 Operacionalización de variables**

#### **Variable independiente**

Mineralogía.

#### **Dimensión**

Mineragrafía.

#### **Indicador**

Asociaciones mineralógicas, textura mineral, grado de liberación, dureza y resistencia.

#### **Variable dependiente**

Porcentaje de recuperación de oro de acuerdo al proceso seleccionado.

#### **Dimensión**

Metalurgia del oro.

#### **Indicador**

Porcentaje de recuperación.

**Tabla 5.-** Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSION	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Independiente	Mineragrafía	La mineragrafía es la caracterización macroscópica y microscópica, que requiere de la posterior etapa de procesamiento de minerales.	Mineralogía del oro
			Asociaciones mineralógicas
			Textura del mineral
			Grado de liberación
			Dureza y Resistencia
Dependiente	Metalurgia del oro	<p>Podemos definir a la metalurgia del oro como la secuencia de procesos que realizaremos para la obtención del metal valioso los cuales se podrán recuperar por cualquiera de los siguientes procesos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amalgamación.</li> <li>• Cloruración.</li> <li>• Cianuración.</li> <li>• Combinaciones de amalgamación, concentración gravimétrica, flotación, tostación y Cianuración.</li> <li>• Fundición con menas de plomo o cobre.</li> </ul>	Porcentaje de recuperación

Fuente: Elaboración propia

### 3.4 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	
¿Los estudios mineragráficos permitirán determinar el proceso metalúrgico para elevar la recuperación de oro en minera Qero's Gold de Paucartambo- Cusco?	Determinar el proceso metalúrgico para mejorar la recuperación del oro con base a la mineragrafía del mineral de la minera Qero's Gold de Paucartambo - Cusco.	Los procesos metalúrgicos identificados e implementados en la industria, están relacionados significativamente con la caracterización mineralógica orientada a mejorar la recuperación de oro en la minera Qero's Gold de Paucartambo – Cusco.	Porcentaje de recuperación de oro de acuerdo al proceso seleccionado.	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b> El estudio corresponde al tipo de investigación aplicada de carácter tecnológica.  <b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN</b> El nivel de investigación es de carácter experimental.
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICA	VARIABLE INDEPENDIENTE	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> Es de carácter causa efecto, donde la causa es la variable independiente que proviene de la mineragrafía y selección del proceso metalúrgico respecto al efecto de la variable dependiente que es la recuperación de oro de acuerdo al proceso seleccionado.
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿Las características mineralógicas se conocerán mediante el comportamiento mineragráfico de los minerales presentes en la minera Qero's Gold de Paucartambo Cusco?</li> <li>➤ ¿Cómo los estudios mineragráficos influyen en el proceso metalúrgico para elevar la recuperación de oro en minera Qero's Gold de Paucartambo- Cusco?</li> <li>➤ ¿Qué estudios mineragráficos determinan en el proceso metalúrgico para elevar la recuperación de oro en minera Qero's Gold de Paucartambo- Cusco?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Analizar la influencia mineralógica de la mena y ganga mediante la técnica mineragráfica en la minera Qero's Gold de Paucartambo – Cusco</li> <li>➤ Realizar pruebas de caracterización mineralógica para seleccionar un proceso metalúrgico adecuado a la minera Qero's Gold de Paucartambo – Cusco.</li> <li>➤ Evaluar en qué medida los estudios mineragráficos determinan en el proceso metalúrgico para elevar la recuperación de oro en minera Qero's Gold de Paucartambo- Cusco</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ El análisis de los minerales al microscopio de barrido, determina eficazmente, textura, tamaño de grano y asociaciones de minerales que identifican el aspecto mineralógico en la minera Qero's Gold de Paucartambo - Cusco.</li> <li>➤ Cuando se conoce la mineragrafía y composición química de un mineral la selección del proceso metalúrgico se hace eficaz.</li> <li>➤ Todo proceso metalúrgico seleccionado, prioriza las características del mineral que conduce eficazmente a una alta recuperación de oro.</li> </ul>	Características mineralógicas del mineral	

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1 Tipo de investigación**

El estudio corresponde al tipo de investigación aplicada de carácter tecnológica, en razón de que esta puede partir de conocimientos teóricos para transformarlos en conocimientos prácticos. El tipo de investigación es experimental debido a que se determinará cual es el proceso metalúrgico adecuado a seleccionar para la obtención de oro. Sánchez, H y Reyes, C. (2014).

#### **4.2 Nivel de investigación**

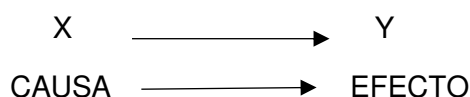
Sánchez, H., Sánchez, Y. (2015), hace referencia que el nivel de investigación es experimental, este tipo de investigación favorece la recabación de información, así como las características más sobresalientes de la influencia mineragráfica en la recuperación de oro en los procesos metalúrgicos.

Cabe mencionar que el investigador debe ser competente de delimitar o al menos representar que se medirá y sobre que o quienes se recabará los datos.

El alcance de investigación es explicativo, porque explica las causas y los efectos de los sucesos o fenómenos fisicoquímicos, en la influencia mineragráfica que repercutirá en los procesos metalúrgicos de recuperación de oro. Este trabajo presenta un estudio de tipo causa-efecto. Hernández-Sampieri et al., (2014).

### 4.3 Diseño de investigación

El diseño es de carácter causa efecto, donde la causa es la variable independiente que proviene de la mineragrafía y selección del proceso metalúrgico respecto al efecto de la variable dependiente que es la recuperación de oro de acuerdo al proceso seleccionado. Hernández-Sampieri et al., (2014).



El trabajo de investigación se refiere como causa la mineragrafía y el efecto es el porcentaje de recuperación de oro.

### 4.4 Método de investigación

Para la presente investigación se utilizará el método de investigación científica deductiva e inductivo, que precisa identificar los fenómenos que se someten a un análisis, para determinar conocimientos básicos del trabajo de investigación a partir de supuestos particulares como problemática, marco teórico, procesos, manipulación de variable independiente, etc. Debido a lo cual responde a un enfoque cuantitativo que busca delimitar la relación entre ambas variables y su respectiva contrastación.

### 4.5 Unidad de análisis

Las unidades de análisis se encuentran en “qué o quiénes” son objeto de investigación el mineral de la zona de Paucartambo, cuyo yacimiento minero son las vetas Inkaracay y Mina Sanca 2, pertenecientes a la unidad minera Qero’s Gold, se debe optar por una mineragrafía de calidad que ayudará a determinar las características mineralógicas a través de la microscopia y macroscopia como textura, asociaciones mineralógicas, composición química, dureza, tamaño de grano y grado de liberación. Los cuales

repercuten en los procesos metalúrgicos, teniendo una caracterización óptima del mineral se podrá brindar el proceso metalúrgico adecuado.

#### **4.6 Población de estudio**

Yacimiento de oro de la minera Qero's Gold en la provincia de Paucartambo región de Cusco.

#### **4.7 Tamaño de muestra**

Para la selección del tamaño de muestra, la población de estudio será de ciento veinte kilogramos de mineral.

Del global de muestras mineralógicas se seleccionaron ocho kilos de muestra para análisis químico tanto para análisis de cabeza, concentrado y relave.

Siete kilos de muestras de mena y concentrado para análisis mineragráfico tanto microscópico y macroscópico para detallar textura, asociaciones mineralógicas, tamaño de grano, etc.

Ciento cinco kilos de muestra para pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio.

#### **4.8 Selección de muestra**

Para la selección de la muestra utilizaremos el tipo de muestreo no probabilístico de tipo intencionado o criterial, Sánchez, H y Reyes, C. (2014) definen que: “se da en base a una opinión o intención particular de quien selecciona la muestra y por lo tanto la evaluación de la representatividad es subjetiva”.

#### **4.9 Técnica de recolección de datos**

Se utiliza como técnicas la observación y documentación:

- **Análisis de bibliografía:** Buscar la información bibliográfica para elaborar el marco teórico conceptual.
- **Internet:** Con la finalidad de capturar la mayor información oportuna, precisa y confiable.
- **Pruebas Metalúrgicas:** Permite obtener información en las circunstancias en que ocurren los hechos. Los resultados de la observación son obviamente subjetivos pero el investigador tiene que contrastarlos con las otras técnicas de investigación.
- **Documentación:** Es el uso de registros, archivos, documentos que respaldan el rigor teórico y científico de la investigación.
- **Experimentación con pruebas analítica mineragráficas y de proceso.**
- **Pruebas y Análisis Microscópicas y Macroscópicas** en laboratorios petrográficos.
- **Caracterización Geológica** del lugar de estudio.

#### **4.10 Análisis e interpretación de la información**

Una vez recolectado los datos, para su análisis utilizaremos, el microscopio electrónico de barrido, microscopio de luz polarizada, análisis químico, balances metalúrgicos, muestras metalúrgicas, Luego se procederá a su análisis e interpretación de sus resultados.

#### 4.11 Caracterización de la muestra

Los estudios se realizan sobre secciones pulidas, y comprenden la generación de la ficha minerográfica, la cual incluye datos sobre:

Texturas: Incluye una descripción detallada de las características texturales, ya sean primarias, secundarias y texturas especiales.

Ensamblajes mineralógicos: Determinación y descripción de minerales metálicos primarios y secundarios presentes en la roca, y su clasificación sistemática y asociaciones, indicando para cada uno las características más relevantes como formas, hábitos, inclusiones, reemplazamientos, agregados, etc.

**Tabla 6.-** Resumen métodos de análisis en mineral fresco y de concentrado para diversas pruebas minerográficas.

Métodos de Análisis	CABEZA								CONCENTRADO (GRAVIMÉTRICO)						
	VETA INKARACAY				VETA MINA SANCA 2				VETA INKARACAY VETA MINA SANCA 2						
	+100	+200	-200	Mineral Fresco	+100	+200	-200	Mineral Fresco	100 X	200 X	1324 X	1500 X	2500 X	3000 X	Mineral Fresco
Porcentaje de grado de liberación															
Difracción de Rayos X															
Microscopio electrónico de barrido															
Tipos de intercrecimiento															
Electrum															
Pirita															
Arsenopirita															
Sulfosal															
Hematita															
Galena															
Esfalerita															
Goetita															
Análisis Químico															

Fuente: El autor



**Tabla 7.-** Cuadro resumen de pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio

PRUEBAS EN LAB	PARÁMETROS OPERATIVOS	
CONCENTRACIÓN GRAVIMÉTRICA	Peso de Muestra	10 Kg
	Granulometría	65 % -200 m
	Tipo de Agua	Potable
	Flujo de Alimentación	1800 ml/min
	Fuerza de gravedad	95 G's
	Presión de Agua	1.5 PSI
LIXIVIACIÓN POR AGITACIÓN EN BOTELLA	Peso de Muestra	2 Kg
	% de sólidos	30%
	Granulometría	85% - 200 m
	Fuerza de Cianuro	1500 ppm
	Tiempo y controles	2,4,8,12,48 y 72
	pH	10.5 - 11
FLOTACIÓN ROUGHER	Peso de Muestra	1000 g
	% de sólidos	32
	Granulometría	65 y 85% -200 m
	Volumen de la celda	3000 cc
	p80	108 y 67 $\mu$ m

Fuente: El autor

## **CAPÍTULO V**

### **ESTUDIO GEOLÓGICO Y MINERAGRÁFICO**

#### **5.1 Mineralización del área de estudio**

##### **5.1.1 Veta Inkaracay**

La veta Inkaracay presenta un afloramiento de unos 130 m, con una potencia en el manto de 15 a 20 cm aproximadamente, con una profundidad de potencia en la veta que llega hasta los 50 a 60 cm, por otro lado, también se da la existencia de zonas donde la potencia es tan solo algunos centímetros, el ensamble es Qz-Py-Ca-Au, la presencia de carbonatos (ankerita) es significativa llegando hasta un 50 % de la ganga. Se evidencia la presencia de oro grueso y oro fino, como relleno en micro fracturas de la pirita, y oro fino diseminado en el cuarzo (cuarzo lechoso), sus leyes varían entre 1.5 g/TM a unas 3 onzas, en promedio 20 g/TM.

##### **5.2.2 Veta Mina Sanca 2**

Se evidencia un afloramiento de más de 350 m, su potencia promedio de la veta Mina Sanca 2 es de 17 cm, se hallan zonas donde se tiene más de 34 cm, y otras de 8 cm, el ensamble es Qz-Py-Ca-Au, se aprecia a simple vista la existencia de oro grueso principalmente oro nativo entrampado dentro de una matriz de cuarzo gris (ahumado), también se presenta como laminas al estar en contacto con el cuarzo y la pizarra, el oro fino se muestra como relleno en las micro fracturas de la pirita, por otra parte el oro fino diseminado en el cuarzo, sus leyes permutan entre 5 g/TM a más de 5 onzas, en promedio 45 g/TM (Ver figura 10 y 11).



**Figura 10.-** Muestra de oro libre en el manto con buzamiento. (Fuente: El autor)



**Figura 11.-** Manto con ligero buzamiento. (Fuente: El autor)

## 5.2 Zona de stock work

Estructura mineralizada con presencia de varias familias de vetillas de cuarzo lechoso; las venillas predominantes tienen una dirección SE-NO, con controles estructurales bien marcados por el lado Oeste limitado por la veta Inkaracay y por el lado Este limitado por una falla con panizo de 1 m aproximadamente. Sus dimensiones de 40 m x 60 m con diseminación de oro y plata en mínima cantidad el oro se encuentra diseminado en las venillas y en la misma roca el ensamble es de Qz-Py-Apy-Au-Ag. La piritización es alta evidenciando un mineral encapsulado entre cuarzo y pirita, algunas venillas superan los 250 gr/Tm obteniendo así una explotación en global un área de 1,000 m<sup>2</sup> aproximadamente con una ley de 8 gr/Tm teniendo una mineralización probada de 40000 Tm a 15 m de profundidad y mineralización probable 120 m en profundidad. (Ver figura 12).

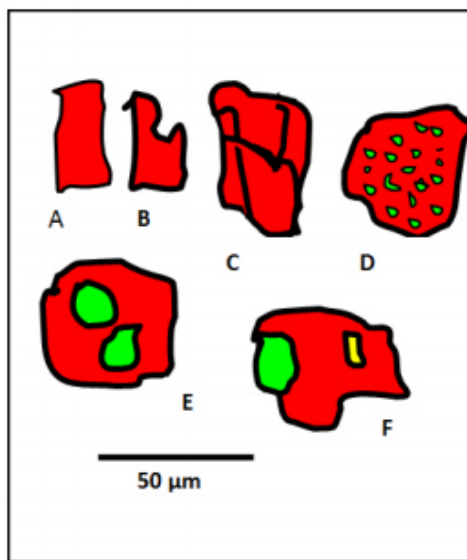


**Figura 12.-** Zona con diseminación de Oro en venillas en diversas direcciones. (Fuente: El autor)

### 5.3 Análisis mineralógico para determinar grado de liberación

El objetivo del estudio ha sido caracterizar mineralógicamente cada muestra, identificar las especies minerales metálicas y determinar el grado de liberación de cada especie. Toda esta información ayudará a obtener información aplicable a la optimización de las pruebas metalúrgicas, para entender cómo se forman las especies mineralógicas.



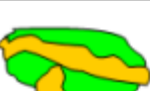

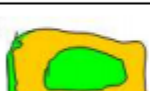

En A, B y C el mineral rojo ocurre como partícula libre, independientemente de si trata de un solo cristal (A), de un fragmento de cristal (B) o de un agregado de cristales (C). Las partículas E y F son partículas mixtas (E es binaria y F es ternaria). Obsérvese que en E el mineral verde está totalmente encapsulado, mientras que en F dicho mineral ocupa parte de la periferia y sólo el mineral amarillo está encapsulado. En D, el mineral rojo seguirá siendo considerado como partícula libre si las diseminaciones del mineral verde son extremadamente finas (en este ejemplo  $<5\mu\text{m}$ ).



**Figura 13.-** Formación de especies mineralógicas. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

Tal como se observa en la Tabla 8, cada una de las partículas mixtas correspondiente a un tipo determinado está definida por dos variables fundamentales para la Mineralogía de procesos: su composición mineralógica y la distribución espacial de sus constituyentes. Los criterios tomados para poder determinar la superficie expuesta para cualquier proceso

**Tabla 8.-** Configuración individual de un grupo de partículas mixtas del Tipo A/B

Partículas Mixtas Tipo A/B	Porcentaje de área (%)		Superficie expuesta al reactivo (%)	
	Mineral A % Areal	Mineral B % Areal	Mineral A % Perimetro	Mineral B % Perimetro
1 	50%	50%	50%	50%
2 	60%	40%	60%	40%
3 	60%	40%	90%	10%
4 	50%	50%	10%	90%
5 	40%	60%	20%	80%
6 	90%	10%	100%	0%

Fuente: FA ingenieros S.A.C

Los criterios tomados para poder determinar la superficie expuesta para cualquier proceso de tratamiento metalúrgico son mediante la relación a la ocupación de la periferia, la participación de cada constituyente, medida en porcentaje, puede variar entre 0% (mineral encapsulado) y 100% (mineral libre).

1. Amarre tipo simple: Amarre frecuente con límites curvos y rectilíneos se evidencia 50% tanto para oro libre como para otras minerales gangas.
2. Amarre tipo simple: Este es un amarre común donde se evidencia 60 % de material no procesable o gangas y un 40 % de oro libre
3. Amarre tipo sándwich: Esta asociación presenta mineral libre en un 40% y en un 60% asociaciones de pirita, calcopirita e ilmenita.
4. Amarre tipo corona: Es un ejemplo común de asociación mineralógica con piritas y calcopirita, la cual abarca el 50 % entre oro libre y otras asociaciones mineralógicas.
5. Amarre tipo concéntrico: Se puede apreciar el mineral diseminado libre en un 60% con un entrapamiento de partículas tanto interno como externo en un 40%.
6. Amarre tipo inclusión: Aquí se evidencia el oro encapsulado 90% de encapsulamiento y 10% de oro libre.

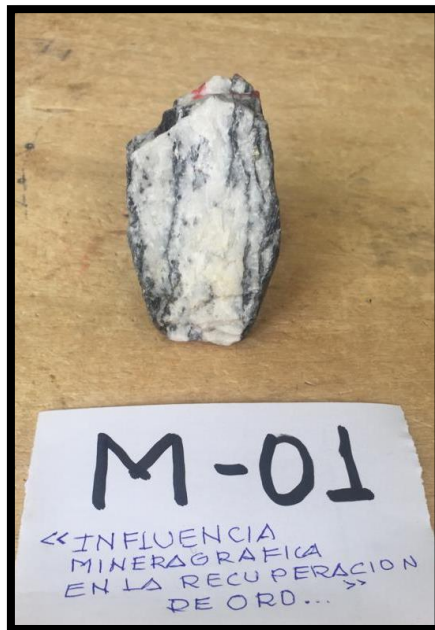
#### 5.4 Caracterización macroscópica

**Tabla 9.-** Descripción petrográfica macroscópica

	TEXTURA	COLOR	DUREZA	EXFOLIACIÓN	CONT. METÁLICO
M-01	Veta de cuarzo de 3 a 4 cm de espesor, en roca caja pizarrosa con pirita finamente disemiando	Blanco Lechoso	7 en la escala de Mohs	Débilmente prismática casi perpendicular a la roca caja	Pirita finamente diseminada, aunque en el contacto veta - caja o inclusiones de la caja en veta la pirita es de mayor tamaño (0.3 - 1.0 mm)
M-02	Veta de cuarzo de 2 cm de espesor, en roca caja pizarrosa con pirita finamente disemiando	Blanco Lechoso y amarillento por pigmentación de la limonita	7 en la escala de Mohs	Débilmente prismática casi perpendicular a la roca caja	Venillas con pirita (0.3 - 1.0 mm) y óxidos de Fe (con Au) casi paralelas a la roca caja

Fuente: El autor





**Figura 14.-** Muestra 1 (M-01) para descripción macroscópica (Fuente: El autor)



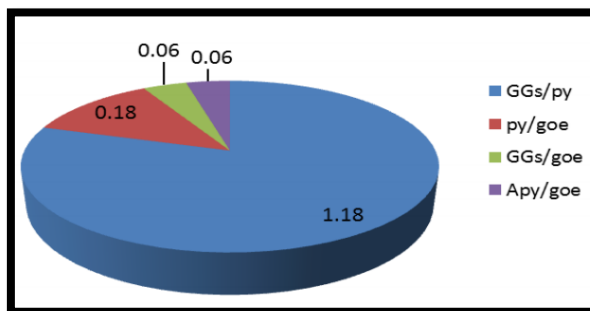
**Figura 15.-** Muestra 2 (M-02) para descripción macroscópica (Fuente: El autor)

Al observar la muestra 2 (M-02) en secciones pulidas en nicoles, se puede apreciar pirita (Py) subhedral a anhedral y de menor tamaño que la arsenopirita (Asp), como ganga (GGS) esta los compuestos de silicio e hidróxidos de Fe (Hdx-Fe). (Ver Anexo A).



## 5.5 Análisis mineralógico de grado de liberación

### 5.5.1 Muestra de mineral (1) a malla +100 mallas -----> Veta Inkaracay [MIR1]

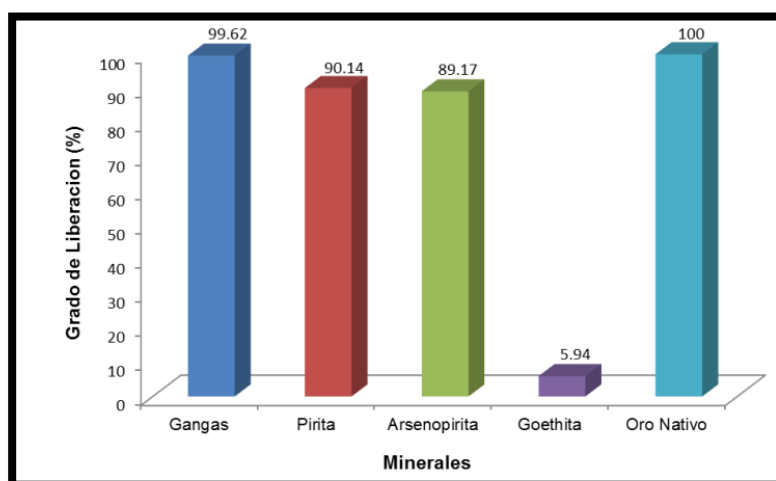


**Figura 16.-** Tipos de crecimiento y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C).

La pirita, se manifiesta en 3.48% en volumen de la muestra, de este porcentaje el 3.06% se presenta como granos libres y el restante 0.42%, como granos mixtos binarios de GGs/py y py/goe. Su grado de liberación total es de 90.14%.

El oro nativo, se encuentra en un 0.06% en volumen de la muestra correspondiente a granos libres. Su grado de liberación es de 100%.

Se han identificado asociaciones de Gangas/calcopirita/goethita y Gangas/oro nativo que no han sido toma en cuenta en el conteo de granos. (Ver figura 17).

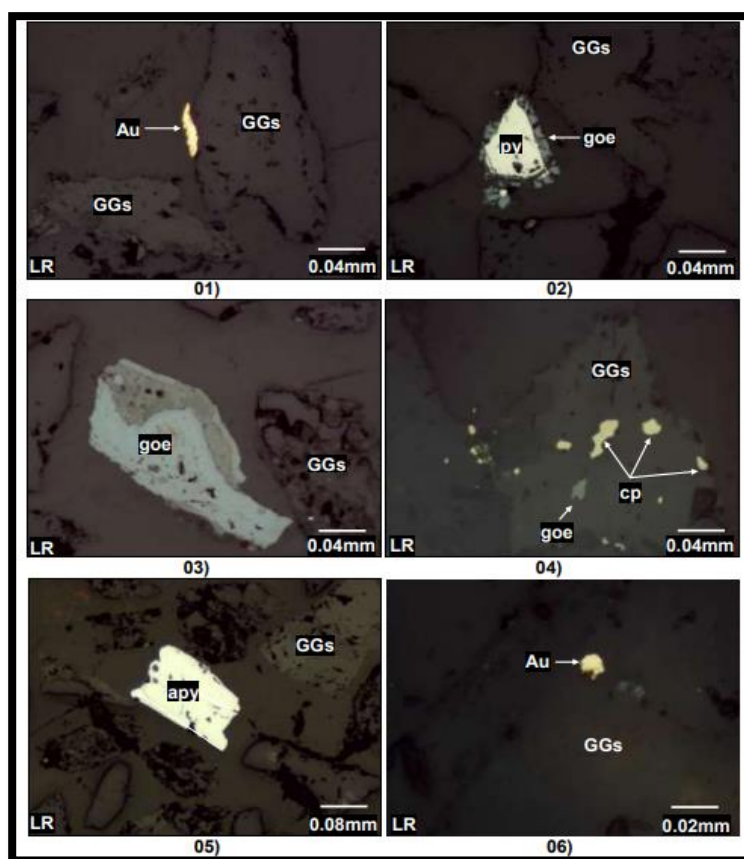


**Figura 17.-** Porcentaje de grado de liberación malla +100 mallas. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

**Tabla 10.-** Análisis mineralógicos de la muestra MIR 1 veta Inkaracay +100 mallas

MIR 1 VETA INKARACAY +100								
Partículas Libres	No. Part.	%Vol	Grado de Liberación (%)	GGs	py	apy	goe	Au
Gangas	1619.00	95.18	99.62	95.18 100.00		%VOL G.L.P		
Pirita	52.00	3.06	90.14		3.06 100.00			
Arsenopirita	4.00	0.24	89.17			0.24 100.00		
Goethita	0.00	0.00	5.94				0.00 0.00	
Oro Nativo	1.00	0.06	100.00					0.06 100.00
Parcial	1676.00	98.53		95.18	3.06	0.24	0.00	0.06
Parctículas Mixtas			Asociaciones (Ver subtítulo IV)					
GGs/py	20.00	1.18	1a (I, II), 1e (IV)	0.93 63.75	0.25 9.36			
py/goe	3.00	0.18	2a (III)		0.17 31.63		0.01 3.63	
GGs/goe	1.00	0.06	1a (I, IV), 1e (II, IV)	0.05 36.80			0.00 4.80	
Apy/goe	1.00	0.06	1e (I)			0.05 38.25	0.01 8.25	
Total	1701.00	100.00						
%Volumen				96.16	3.48	0.29	0.02	0.06
Peso Especifico				2.6	5.01	6.1	3.8	17.64
%Peso				92.5	6.44	0.64	0.03	0.38
Grado de Liberacion				99.62	90.14	89.17	5.94	100
				GGs	py	apy	goe	Au

Fuente: FA ingenieros S.A.C

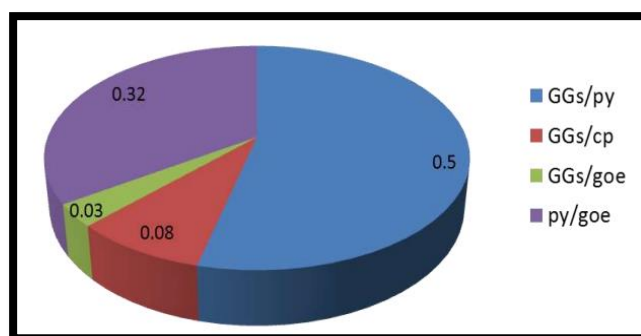


**Figura 18.-** Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla +100. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

Fotomicrografías 01 a 06.- 1) Granos libres de oro nativo (Au) y gangas (GGs). 02) Grano mixto binario de pirita (py) y goethita (goe) con un intercrecimiento de tipo sub corona. 03) Grano libre de goethita (goe) y gangas no metálicas (GGs). 04) Grano mixto ternario de calcopirita (py), goethita (goe) y gangas (GGs). 05) Partícula libre de arsenopirita (apy). 06) Grano mixto binario de oro nativo (Au) y ganga (GGs).

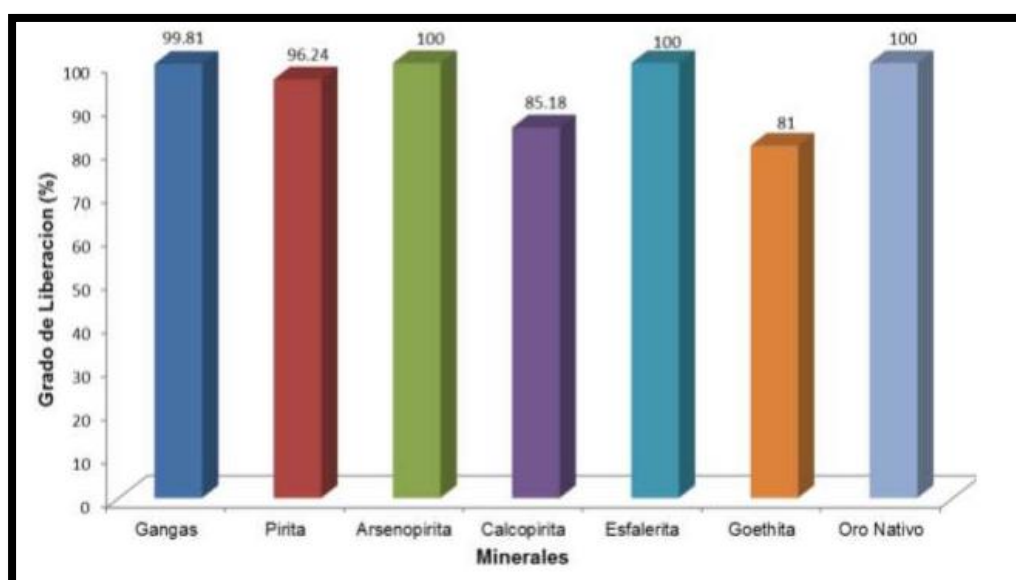
### 5.5.2 Muestra de mineral (2) a malla +200 mallas -----> Veta Inkaracay [MIR1]

Los minerales libres encontrados son gangas no metálicas, pirita, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, oro nativo y goethita. Los amarres mineralógicos más importantes económicamente son los binarios de GGs/cp con 0.08% del porcentaje en volumen (Ver Tabla 11).



**Figura 19.-** Tipos de intercrecimientos y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

La calcopirita, se manifiesta en 0.06% en volumen de la muestra, de este porcentaje el 0.05% se presenta como granos libres y el restante 0.01%, como granos mixtos binarios de GGs/cp. Su grado de liberación total es de 85.18%. La esfalerita, se observa en un 0.08% en volumen de la muestra correspondiente a granos libres. Su grado de liberación es de 100%. El oro nativo, se encuentra en un 0.08% en volumen de la muestra correspondiente a granos libres. Su grado de liberación es de 100%. (Ver figura 20)

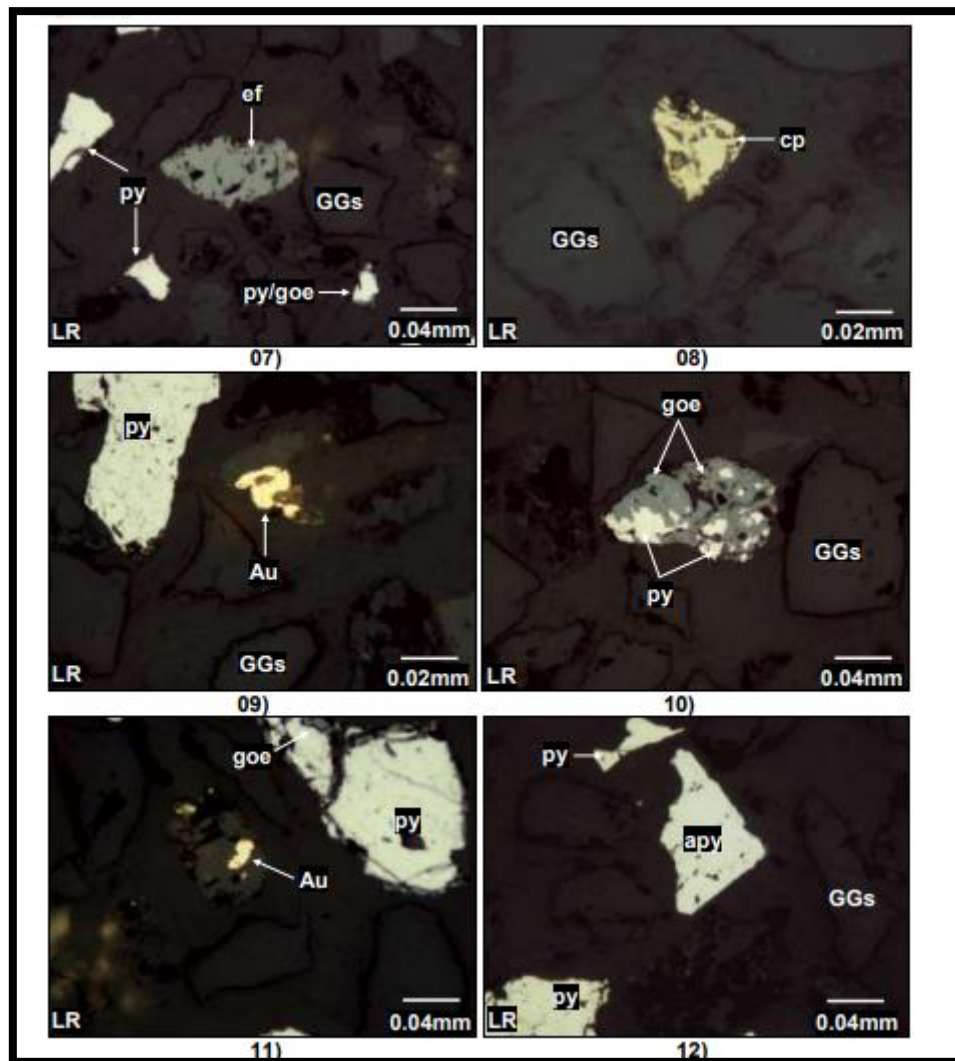


**Figura 20.-** Representación de los grados de liberación de los minerales presentes. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

**Tabla 11.-** Análisis mineralógico de la muestra MIR 1 veta Inkaracay +200 mallas

MIR 1 VETA INKARACAY +200										
Partículas Libres	No. Part.	%Vol	Grado de Liberación (%)	GGs	py	apy	cp	ef	goe	Au
Gangas	3435.00	90.20	99.81	90.20 100.00			%VOL G.L.P			
Pirita	307.00	8.06	96.24		8.06 100.00					
Arsenopirita	16.00	0.42	100.00			0.42 100.00				
Calcopirita	2.00	0.05	85.18				0.05 100.00			
Esfalerita	3.00	0.08	100.00					0.08 100.00		
Goethita	7.00	0.18	81.00						0.18 100.00	
Oro Nativo	3.00	0.08	100.00							0.08 100.00
Parcial	3773.00	99.08		90.20	8.06	0.42	0.05	0.08	0.18	0.08
Partículas Mixtas			Asociaciones (Ver subtítulo IV)							
GGs/py	19.00	0.50	1b(IV)	0.37 64.09	0.13 11.17					
GGs/cp	3.00	0.08	1d(II), 1a(I)	0.07 64.03			0.01 7.37			
GGs/goe	1.00	0.03	1a(I), 1b(IV)	0.02 33.25					0.00 3.25	
py/goe	12.00	0.32	2b(III), 2a(I)		0.27 25.04				0.05 11.13	
Total	3808.00	100.00								
%Volumen				90.66	8.46	0.42	0.06	0.08	0.23	0.08
Peso Especifico				2.6	5.01	6.1	4.2	4	3.8	17.64
%Peso				83.14	14.95	0.9	0.09	0.11	0.31	0.49
Grado de Liberación				99.81	96.24	100.00	85.18	100.00	81.00	100.00
				GGs	py	apy	cp	ef	goe	Au

Fuente: Informe 01. FA ingenieros S.A.C

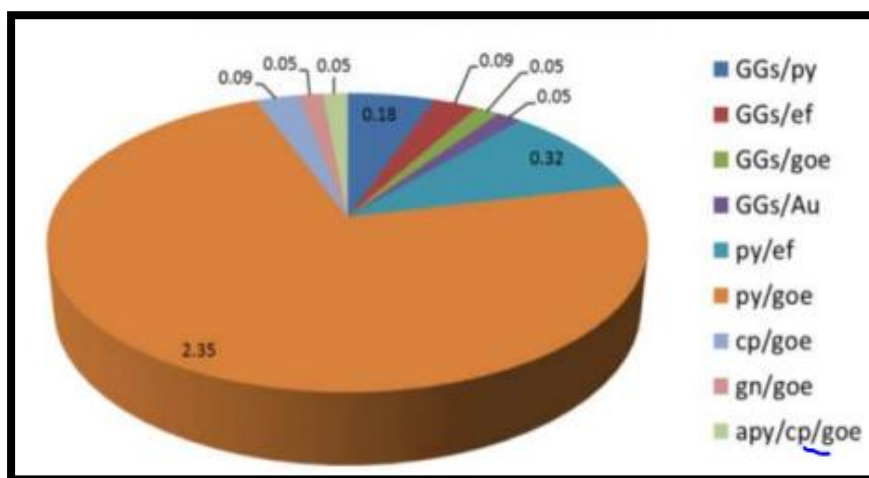


**Figura 21.-** Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla +200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

Fotomicrografías 07 a 12.- 07) Granos libres de esfalerita (ef), pirita (py) y gangas (GGs). Partícula mixta pirita (py) y goethita (goe), con un intercrecimiento de tipo sub corona.08) Grano libre de calcopirita (cp). 09) Grano libre de oro nativo (Au) y pirita (py).10) Grano mixto binario de pirita (py) y goethita (goe).11) Partícula libre de oro nativo (Au). Grano mixto de pirita (py) y goethita (goe). 12) Granos libres de pirita (py) y arsenopirita (apy).  
LR: Luz Reflejada.

### 5.5.3 Muestra de mineral (3) a malla -200 mallas -----> Veta Inkaracay [MIR1]

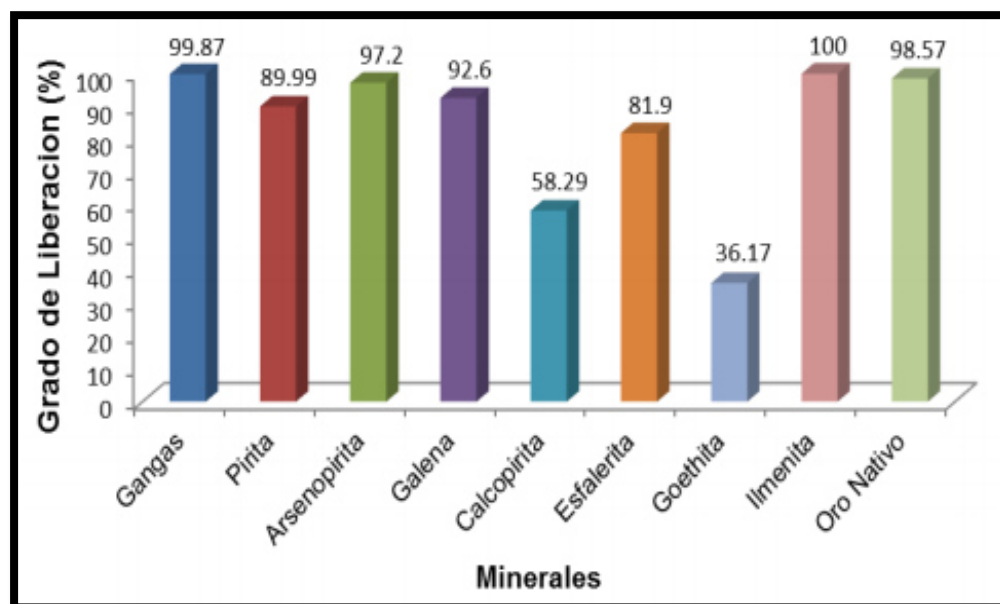
Los minerales libres encontrados son gangas no metálicas, pirita, arsenopirita, calcopirita, esfalerita, galena, ilmenita, oro nativo y goethita. Los amarres mineralógicos más importantes económicamente son los binarios de GGs/ef con 0.09%, GGs/Au con 0.05%, py/ef con 0.32%, cp/goe con 0.09% y gn/goe con 0.05% del porcentaje en volumen (Ver Tabla 12)



**Figura 22.-** Tipos de intercrecimiento y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

La calcopirita, se manifiesta en un 0.16% en volumen de la muestra, de este porcentaje el 0.09% se presenta como granos libres y el restante 0.07%, como granos mixtos binarios de cp/goe y ternarios de apy/cp/goe. Su grado de liberación total es de 58.29%. La esfalerita, se observa en un 0.8% en volumen de la muestra, de este porcentaje el 0.54% se aprecia como granos libres y el restante 0.26% correspondiente a granos mixtos de GGs/ef y py/ef. Su grado de liberación es de 81.9%. La galena, se aprecia en un 0.18% en volumen de la muestra, de este porcentaje el 0.14% ocurre como granos libres y el restante 0.04% correspondiente a granos mixtos de gn/goe. Su grado de liberación es de 92.6%. El oro nativo, se encuentra en un 0.16% en volumen de la muestra correspondiente a granos libres y mixtos binarios de GGs/Au. Su grado de liberación es de 98.57%.

Se han identificado asociaciones de Pirita/oro nativo que no han sido toma en cuenta en el conteo de granos. En la figura 23 se presenta el grado de liberación de los minerales identificados en la muestra respectivamente.



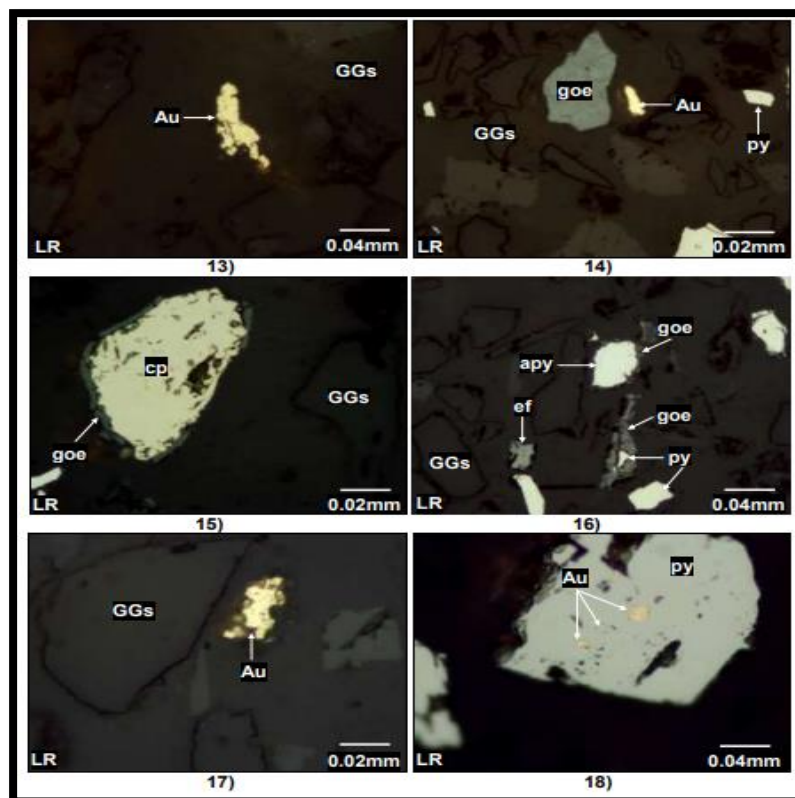
**Figura 23.-** Representación de los grados de liberación de los minerales presentes.



**Tabla 12.-** Análisis mineralógico de la muestra MIR 1 veta Inkaracay -200 mallas

MIR 1 VETA INKARACAY -200												
Partículas Libres	No. Part.	%Vol	Grado de Liberación (%)	GGs	py	apy	gn	cp	ef	goe	ilm	Au
Gangas	1789.00	80.90	99.87	80.90 100.00					%VOL GLP			
Pirita	297.00	13.43	89.99		13.43 100.00							
Arsenopirita	28.00	1.27	97.20			1.27 100.00						
Galena	3.00	0.14	92.60				0.14 100.00					
Calcopirita	2.00	0.09	58.29					0.09 100.00				
Esfalerita	12.00	0.54	81.90						0.54 100.00			
Goethita	3.00	0.14	36.17							0.14 100.00		
Ilmenita	3.00	0.14	100.00								0.14 100.00	
Oro Nativo	3.50	0.16	98.57									0.16 100.00
Parcial	2140.50	96.79		80.90	13.43	1.27	0.14	0.09	0.54	0.14	0.14	0.16
Partículas Mixtas			Asociaciones (Ver subtitulo IV)									
GGs/py	4.00	0.18	1a(I),1b(II)	0.14 57.00	0.04 12.00							
GGs/ef	2.00	0.09	1a(I)	0.02 15.00					0.07 17.50			
GGs/goe	1.00	0.05	1b(II)	0.04 42.50						0.01 7.50		
GGs/Au	1.00	0.05	1e(I)	0.04 95.00								0.002 0.0
py/ef	7.00	0.32	1a(I),1b(III)		0.12 18.93				0.19 53.93			
py/goe	52.00	2.35	2a(I),2b(I)		1.66 16.03					0.69 24.42		
cp/goe	2.00	0.09	2a(I),2b(I)					0.07 4.40		0.02 22.90		
gn/goe	1.00	0.05	2b(I)				0.04 67.50			0.00 2.50		
apy/cp/goe	1.00	0.05	2b(I)			0.04 8.50		0.00		0.00 9.00		
Total	2211.50	100.00										
%Volumen				81.14	15.25	1.31	0.18	0.16	0.80	0.86	0.14	0.16
Peso Especifico				2.6	5.01	6.1	7.4	4.2	4	3.8	4.72	17.64
%Peso				68.66	24.87	2.69	0.42	0.22	1.05	1.06	0.21	0.92
Grado de Liberacion				99.87	89.99	97.20	92.60	58.29	81.90	36.17	100.00	98.57
				GGs	py	apy	gn	cp	ef	goe	ilm	Au

Fuente: FA ingenieros S.A.C

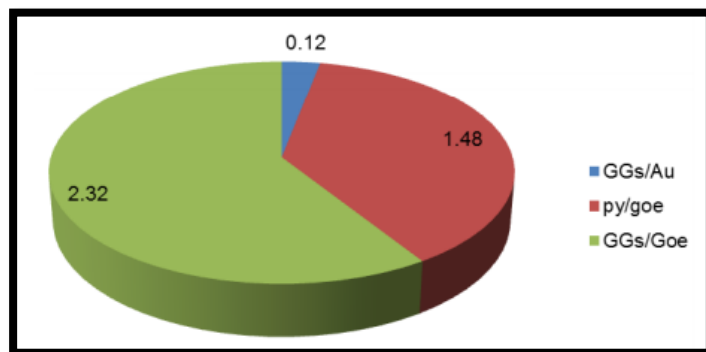


**Figura 24.-** Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla -200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

Fotomicrografías 13 a 18.- 13 y 14) Granos libres de oro nativo (Au), pirita (py), goethita (goe) y gangas (GGs). 15) Grano mixto binario de calcopirita (cp) y goethita (goe) con un intercrecimiento de tipo sub-corona. 16) Granos mixtos binarios de arsenopirita (apy) con goethita (goe) y pirita (py) con goethita (goe). Granos libres de esfalerita (ef) y pirita (py). 17) Partícula libre de oro nativo (Au) y Gangas no metálicas (GGs). 18) Partícula mixta de oro nativo (Au) con pirita (py) mostrando un intercrecimiento de tipo inclusión. LR: Luz Reflejada.

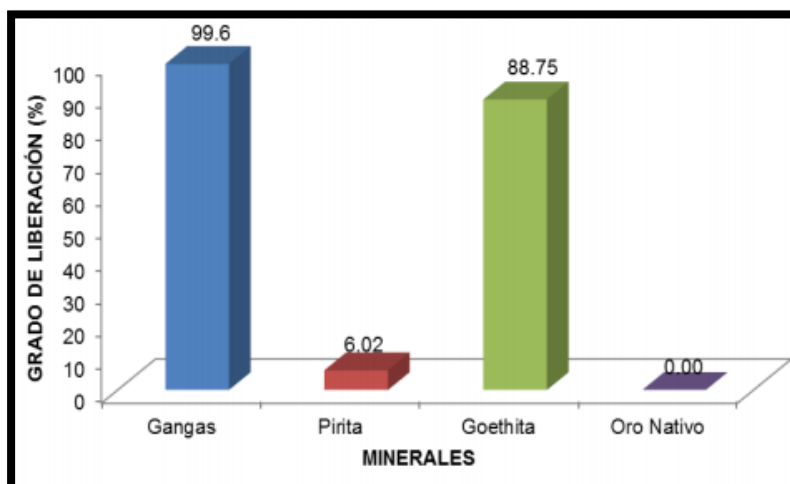
#### 5.5.4 Muestra de mineral malla +100 mallas ---→ Veta Mina Sanca [MS 4]

Los minerales libres encontrados son gangas no metálicas y goethita. Los amarres mineralógicos más importantes económicamente son los binarios de GGs/Au con 0.12% del porcentaje en volumen (Ver Tabla 13)



**Figura 25.-** Tipos de intercrecimiento y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

La goethita se manifiesta en 4.71% en volumen de la muestra, de este porcentaje el 3.21% se presenta como granos libres y el restante 1.50%, como granos mixtos binarios de py/goe y GGs/goe. Su grado de liberación total es de 88.75%. El oro nativo se encuentra en un 0.001% en volumen de la muestra correspondiente a granos mixtos de GGs/Au. Su grado de liberación es de 0.0%. En la figura 26 se presenta el grado de liberación de los minerales identificados en la muestra.

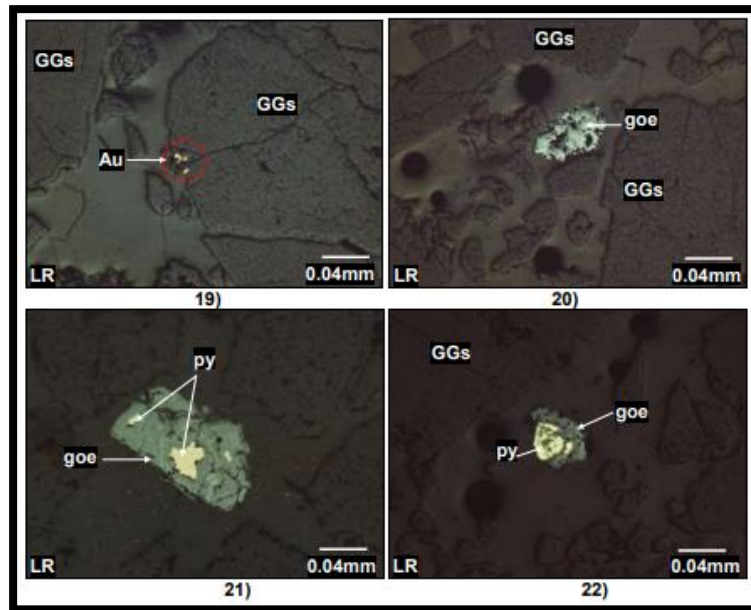


**Figura 26.-** Representación de los grados de liberación de los minerales presentes. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

**Tabla 13.-** Análisis mineralógicos de la muestra MS 4A veta mina Sanca 2 +100 mallas

<b>MS 4A VETA MINA SANCA 2 +100</b>							
<b>Partículas Libres</b>	<b>No. Part.</b>	<b>%Vol</b>	<b>Grado de Liberación (%)</b>	<b>GGs</b>	<b>py</b>	<b>goe</b>	<b>Au</b>
Gangas	782.00	92.87	99.60	92.87 100.00		%vol G.L.P	
Pirita	0.00	0.00	6.02		0.00 0.00		
Goethita	27.00	3.21	88.75			3.21 100.00	
Oro Nativo	0.00	0.00	0.00				0.00 0.00
<b>Parcial</b>	<b>809.00</b>	<b>96.08</b>		<b>92.87</b>	<b>0.00</b>	<b>3.21</b>	<b>0.00</b>
<b>Parctículas Mixtas</b>			<b>Asociaciones (Ver subtítulo IV)</b>				
GGs/Au	1.00	0.12	1e(I)	0.12 99.00			0.001 0.00
py/goe	12.50	1.48	1e(I), 1(I), 1d(III), 2a(I)		0.26 6.02	1.22 78.90	
GGs/goe	19.50	2.32	1b(II); 4b(I)	2.04 81.61		0.28 2.77	
<b>Total</b>	<b>842.00</b>	<b>100.00</b>					
<b>%Volumen</b>				<b>95.03</b>	<b>0.26</b>	<b>4.71</b>	<b>0.001</b>
<b>Peso Especifico</b>				<b>2.6</b>	<b>5.01</b>	<b>3.8</b>	<b>17.64</b>
<b>%Peso</b>				<b>92.79</b>	<b>0.49</b>	<b>6.72</b>	<b>0.01</b>
<b>Grado de Liberacion</b>				<b>99.60</b>	<b>6.02</b>	<b>88.75</b>	<b>0.00</b>
				<b>GGs</b>	<b>py</b>	<b>goe</b>	<b>Au</b>

Fuente: FA ingenieros S.A.C

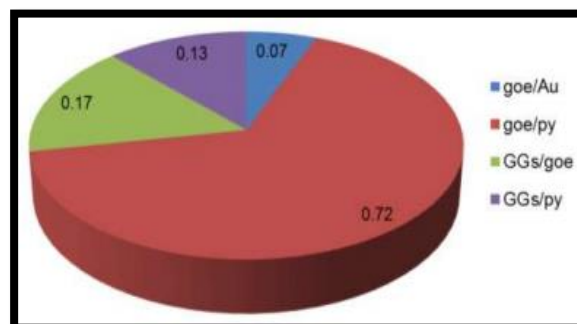


**Figura 27.-** Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla -200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

Fotomicrografías 19 a 22.- 19) Grano mixto binario de gangas no metálicas y oro nativo (GGs-Au). 20) Granos libres de minerales de gangas no metálicos (GGs) y goethita (goe). 21 y 22) Granos mixtos binarios de pirita y goethita (py-goe). LR: Luz Reflejada

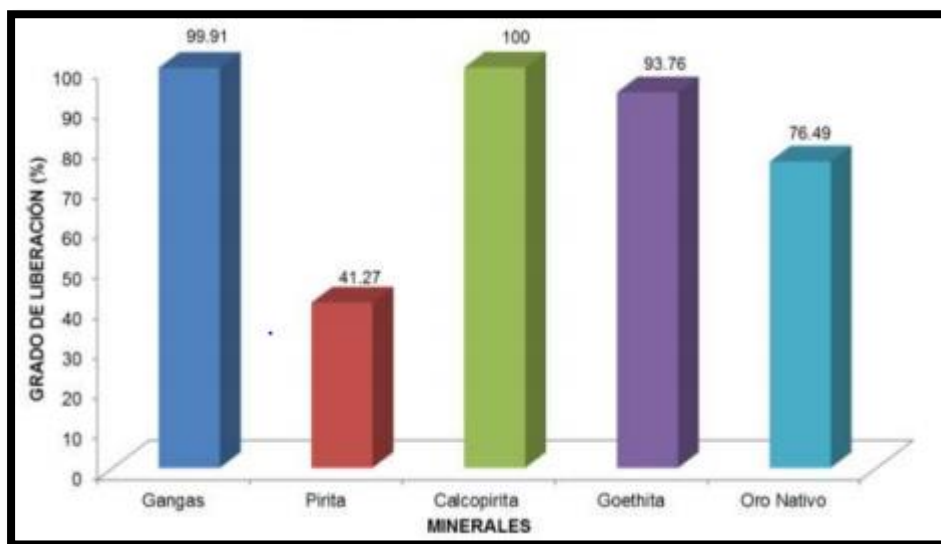
#### 5.5.5 Muestra de mineral malla +200 mallas ---→ Veta Mina Sanca [MS 4]

Los minerales libres encontrados son los minerales no metálicos, pirita, calcopirita, goethita y oro nativo. Los amarres mineralógicos más importantes económicamente son los binarios de goe/Au con 0.07%, del porcentaje en volumen (Ver Tabla 14).



**Figura 28.-** Tipos de intercrecimiento y asociaciones. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

La calcopirita se manifiesta en 0.28% en volumen de la muestra correspondiente a granos libres. Posee grado de liberación de 100%. La goethita se manifiesta en 4.06% en volumen de la muestra, de este porcentaje el 3.53% se presenta como granos libres y el restante 0.53%, como granos mixtos binarios de goe/Au, py/goe y GGs/goe. Su grado de liberación total es de 93.76%. El oro nativo se encuentra en un 0.1% en volumen de la muestra, donde el 0.07% pertenece a granos libres y el restante 0.03% a granos mixtos de goe/Au. Su grado de liberación global es de 76.49%. En la figura 29 se presenta el grado de liberación de los minerales identificados en la muestra respectivamente.

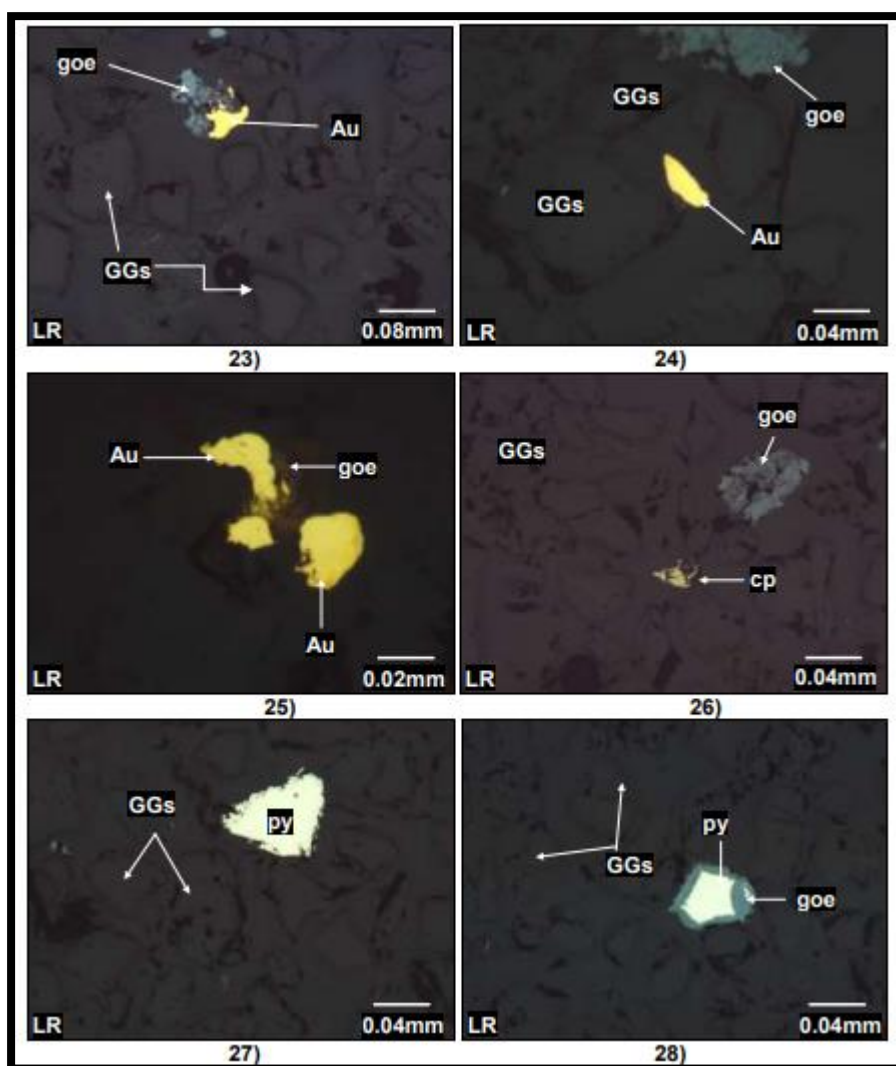


**Figura 29.-** Representación de los grados de liberación de los minerales presentes.  
(Fuente: FA ingenieros S.A.C)

**Tabla 14.-** Análisis mineralógicos de la muestra MS 4A veta mina Sanca 2 +200 mallas

MS 4A VETA MINA SANCA 2 +200								
Partículas Libres	No. Part.	%Vol	Grado de Liberación (%)	GGs	py	cp	goe	Au
Gangas	2188.00	94.88	99.91	94.88 100.00		%Vol G.L.P.		
Pirita	3.50	0.15	41.27		0.15 100.00			
Calcopirita	6.50	0.28	100.00			0.28 100.00		
Goethita	81.50	3.53	93.76				3.53 100.00	
Oro Nativo	1.50	0.07	76.49					0.07 100.00
Parcial	2281.00	98.92		94.88	0.15	0.28	3.53	0.07
Partículas Mixtas			Asociaciones (Ver subtítulo IV)					
goe/Au	1.50	0.07	1b(I)				0.03 30.50	0.03 25.50
py/goe	16.50	0.72	1a(I), 1e(I), 2b(I), 3a(I)		0.26 9.14		0.46 57.50	
GGs/goe	4.00	0.17	1b(II), 1b(I)	0.14 62.63			0.04 6.38	
GGs/py	3.00	0.13	1e(I), 1a(I)	0.08 63.42	0.05 30.08			
Total	2306.00	100.00						
%Volumen				95.10	0.46	0.28	4.06	0.10
Peso Especifico				2.6	5.01	4.2	3.8	17.64
%Peso				92.31	0.86	0.44	5.77	0.63
Grado de Liberacion				99.91	41.27	100	93.76	76.49
				GGs	py	cp	goe	Au

Fuente: FA ingenieros S.A.C



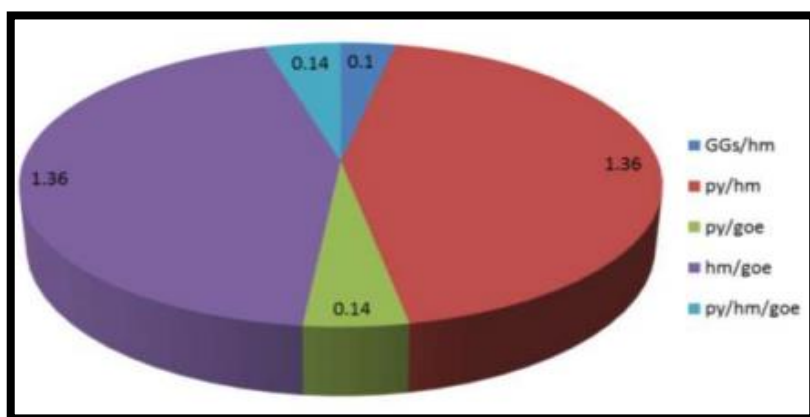
**Figura 30.-** Fotomicrografía de muestra mineralógica a malla +200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

Fotomicrografías 23 a 28.- 23) Granos libres de minerales no metálicos de gangas (GGs), Grano mixto binario de oro y goethita (goe/Au).24) Granos libres de oro (Au), gramos libres de minerales no metálicos de gangas (GGs); 25) Grano mixtos binario de goethita y oro (goe/Au).26) Granos libres de calcopirita (cp), gangas (GGs) y goethita (goe).27) Granos libre de pirita (py) y minerales no metálicos de gangas (GGs).28) Grano mixto de pirita y goethita (py/goe). LR: Luz Reflejada.



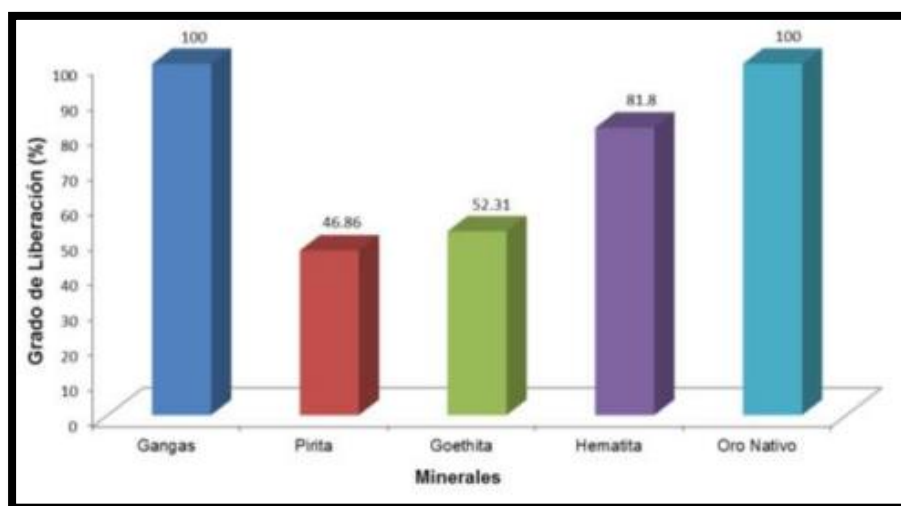
### 5.5.6 Muestra de mineral malla -200 mallas ---→ Veta Mina Sanca [MS 4]

Los minerales libres encontrados en la muestra son los minerales no metálicos, pirita, hematita, goethita y oro nativo. (Ver Tabla 15).



**Figura 31.-** Tipos de intercrescimiento. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

El oro nativo se encuentra en un 0.1% en volumen de la muestra, donde el 0.07% pertenece a granos libres y el restante 0.03% a granos mixtos de goe/Au. Su grado de liberación global es de 76.49%. En la figura 32 se presenta el grado de liberación y porcentajes en peso de los minerales identificados en la muestra respectivamente.

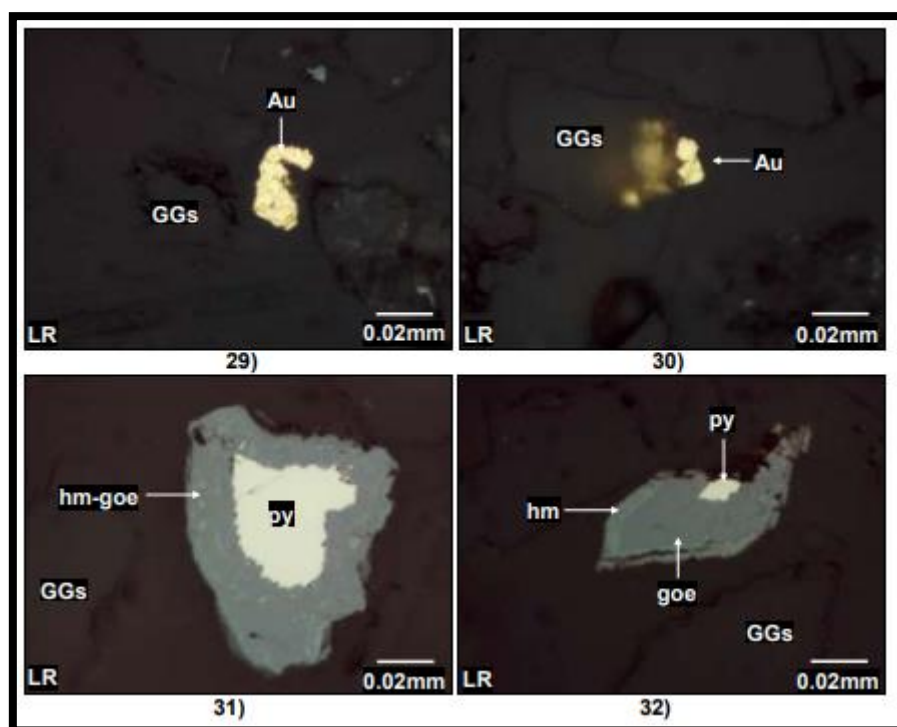


**Figura 32.-** Representación de los grados de liberación de los minerales presentes. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

**Tabla 15.-** Análisis mineralógicos de la muestra MS 4A veta Mina Sanca 2 -200 mallas

MS 4 VETA MINA SANCA 2 - 200								
Particulas Libres	No. Part.	%Vol	Grado de Liberación (%)	GGs	py	goe	hm	Au
Gangas	1938.00	92.40	100.00	92.40 100.00				
Pirita	7.00	0.33	46.86		0.33 100.00			
Goethita	6.00	0.29	52.31			0.29 100.00		
Hematita	80.50	3.84	81.80				3.84 100.00	
Oro Nativo	1.00	0.05	100.00					0.05 100.00
Parcial	2032.50	96.90		92.40	0.33	0.29	3.84	0.05
Parctículas Mixtas			Asociaciones (Ver subtítulo IV)					
GGs/hm	2.00	0.10	1a (I, IV)	0.09 95.00			0.00	
py/hm	28.50	1.36	1a (I, IV), 2a (I, III)		0.35 4.08		1.00 71.13	
py/goe	3.00	0.14	1a (I, IV)		0.08 18.17	0.06 29.83		
hm/goe	28.50	1.36	1a (I, II), 2d (III)			0.50 29.49	0.81 17.45	
py/hm/goe	3.00	0.14	1a (I, IV)		0.01	0.02 8.23	0.12 22.92	
Total	2097.50	100.00						
%Volumen				92.49	0.77	0.87	5.77	0.05
Peso Especifico				2.6	5.01	3.8	5.3	17.64
%Peso				86.18	1.39	1.18	10.96	0.3
Grado de Liberacion				100	46.86	52.31	81.8	100
				GGs	py	goe	hm	Au

Fuente: FA ingenieros S.A.C



**Figura 33.-** Microfotografía de muestra mineralógica a malla -200. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

Fotomicrografías 29 a 32; las fotos 29 y 30) Granos libres de oro nativo (Au). 31 y 32) Granos mixtos ternarios de pirita (py), hematita (hm) y goethita (goe). Partículas libres de ganga no metálica (GGs). LR: Luz Reflejada.

## 5.6 Análisis mineralógico por difracción de rayos x

Se hará uso de la difracción de rayos X para identificar las especies mineralógicas presentes en la muestra y proporcionará información detallada acerca de su estructura cristalográfica de las muestras, así como su difractograma de cada muestra representativa.

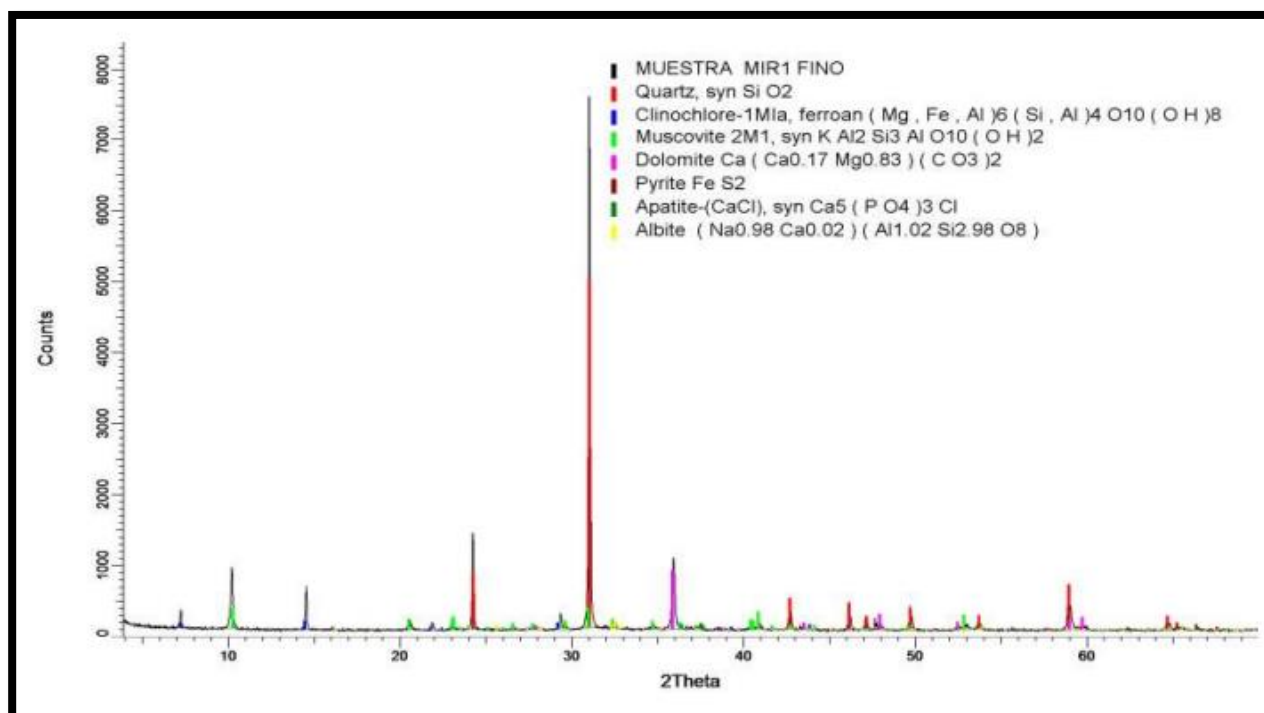
(Ver tablas 16 y 17)

**Tabla 16.-** Muestra [MIR 1] VETA INKARACAY

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	$\text{SiO}_2$	68
Moscovita (Sericita)	$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$	14
Carbonato(Dolomita)	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	11
Plagioclasas (Albita)	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	4
Pirita	$\text{FeS}_2$	1
Clorita (Clinocloro)	$(\text{Mg},\text{Fe}^{+2},\text{Al})_5(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{CH})_8$	1
Apatito	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH},\text{F},\text{Cl})$	<L.D

L.D.: Límite de Detección.

Fuente: Informe 01. FA ingenieros S.A.C

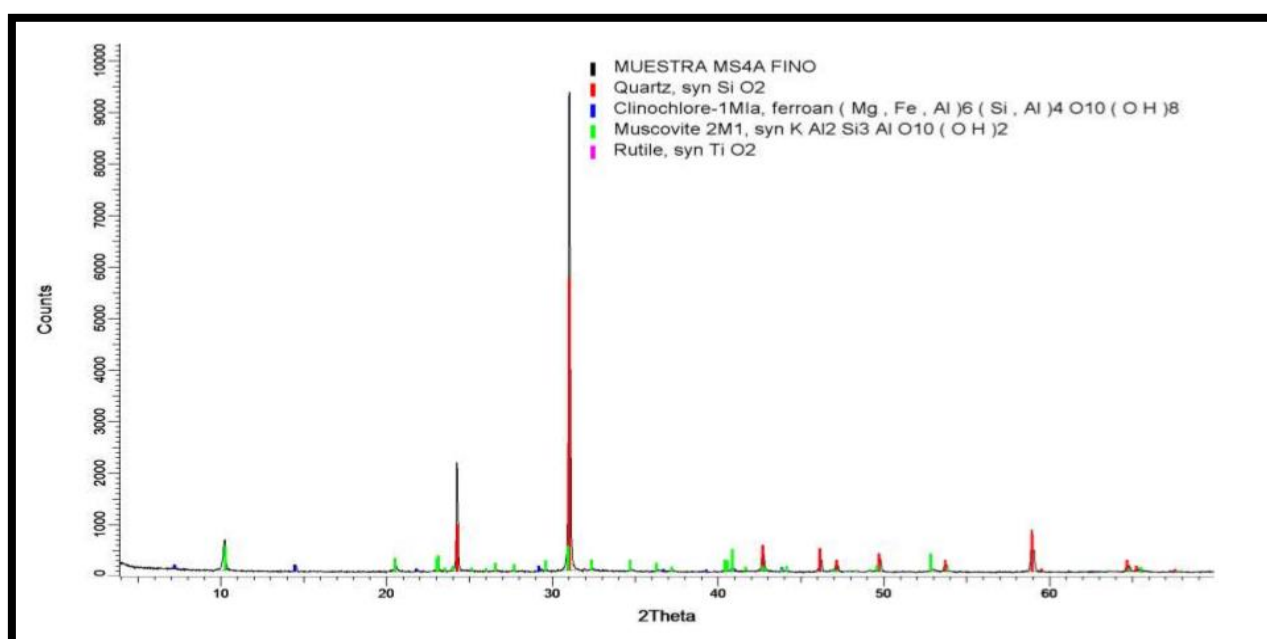


**Figura 34.-** Difracto grama de la Muestra MIR 1 VETA INKARACAY mostrando los minerales identificados. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

**Tabla 17.-** Muestra [MS 4] VETA MINA SANCA 2

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	$\text{SiO}_2$	85
Moscovita (Sericita)	$\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$	12
Rutilo	$\text{TiO}_2$	1
Clorita (Clinocloro)	$(\text{Mg},\text{Fe}^{+2},\text{Al})_6(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{CH})_8$	1

L.D.: Limite de Detección.



**Figura 35.-** Difracto grama de la Muestra MS 4 VETA MINA SANCA 2 mostrando los minerales identificados. (Fuente: FA ingenieros S.A.C)

Se evidencia en el análisis por difracción de rayos x que para ambas muestras de diferentes vetas Inkaraccay y Mina Sanca 2, la presencia de cuarzo (Qz) y muscovita tienen los mayores índices de reflectancia.

### **5.6.1 Características del difractómetro de rayos x**

- Equipo: DIFRACTÓMETRO D8 Advance
- Tubo Co (38kV, 25mA): KAlfa1: 6930.48eV
- KAlfa2 1.7891 Å
- Filtro: Kbeta: Ni
- Detector: LynxEye
- Rango de medida desde  $2\theta = 4^\circ$  hasta  $2\theta = 70^\circ$

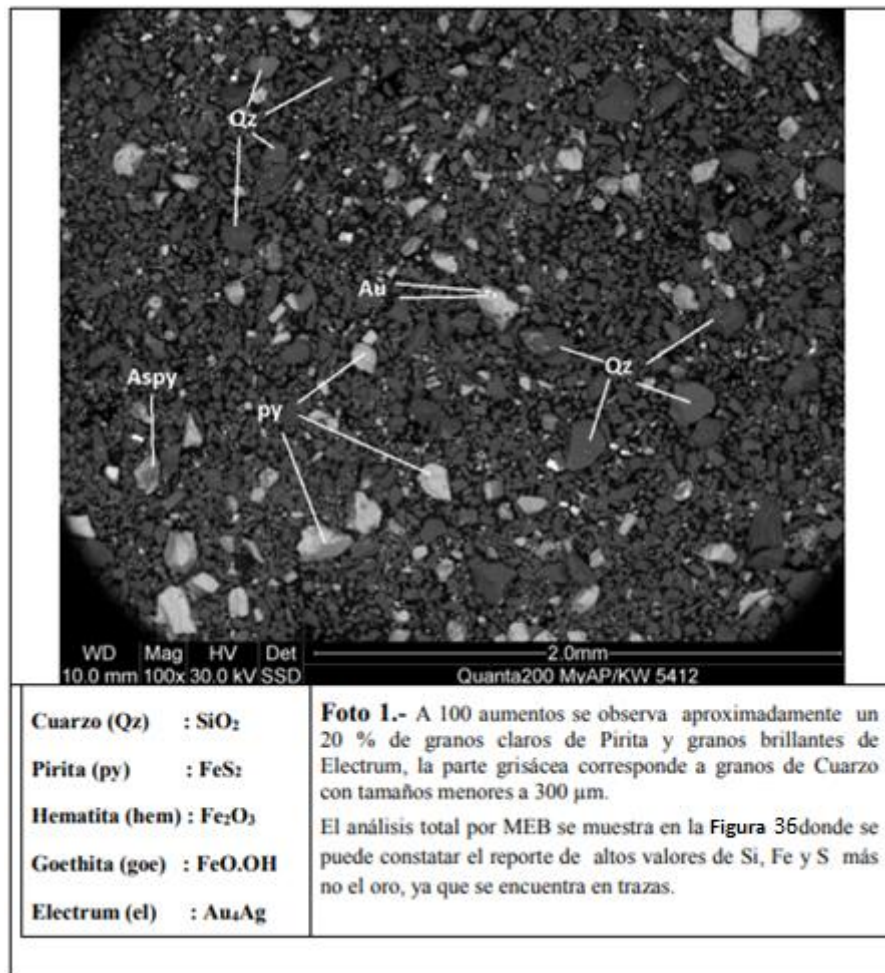
## **5.7 Análisis por microscopia electrónica de barrido**

### **5.7.1 Microscopia electrónica de barrido del concentrado gravimétrico de oro**

Para la observación, identificación y verificación del concentrado gravimétrico de oro se utilizó el microscopio electrónico de barrido, debido a que se necesita de un mayor aumento del lente para poder observar presencia de oro en solución sólida con los sulfuros o minerales submicroscópicos de oro, ya que hay encapsulamiento de oro en pirita, presencia de micas y otras gangas mineralógicas.

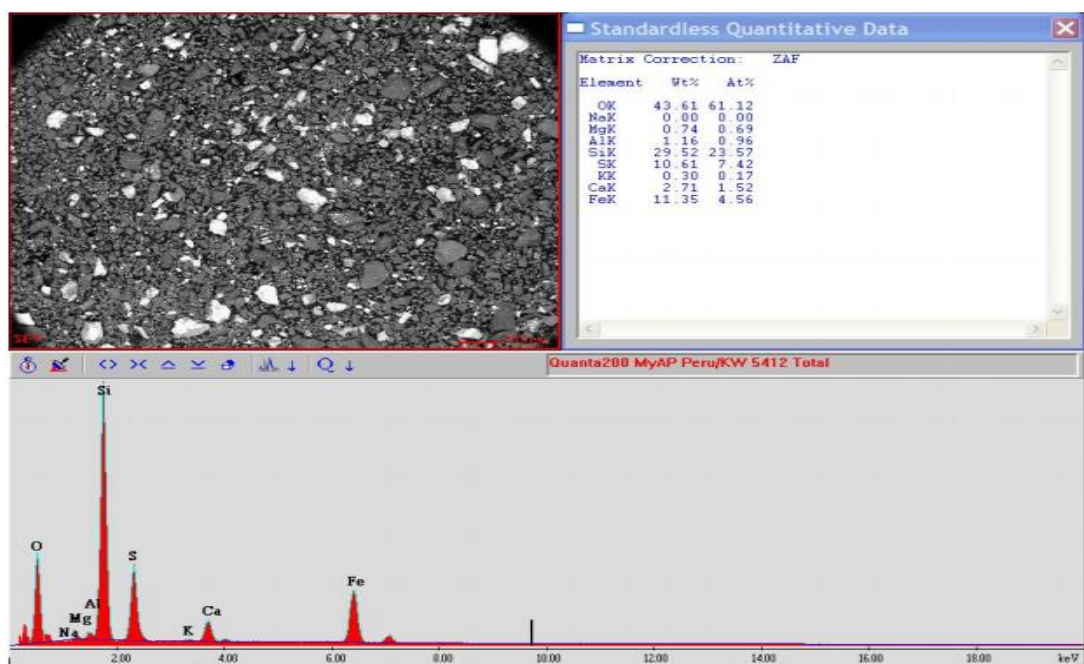
### **5.7.2 Procedimiento de separación por mallas**

Al ser un producto proveniente de una concentración gravimétrica no se podía tomar una muestra representativa mediante cuarteo sucesivo por la presunción de segregación de material valioso debido a su peso específico y tamaño de partícula por lo que se sometió a una separación por mallas +70, +100, -100 , luego cada una de estas porciones fueron pulverizadas para homogenizar el tamaño de partícula al 100% -100 mallas y tomar pesos ponderados para que así de esa manera se tenga una verdadera muestra representativa para la Mineragrafía y para los análisis de Arsénico y Manganeseo.

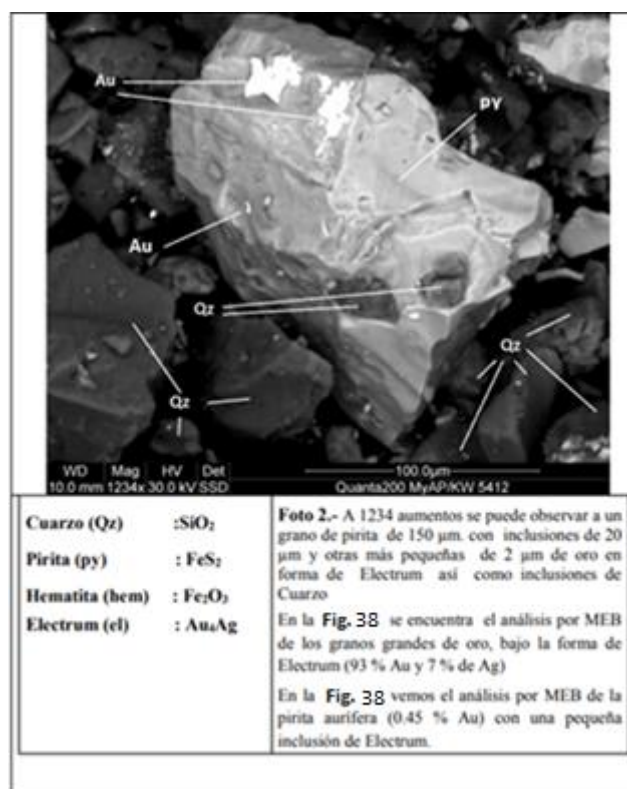


**Figura 36.-** Fotografía (1) microscopio electrónico de barrido a 100 aumentos (Fuente: Química Germana S.A.C)



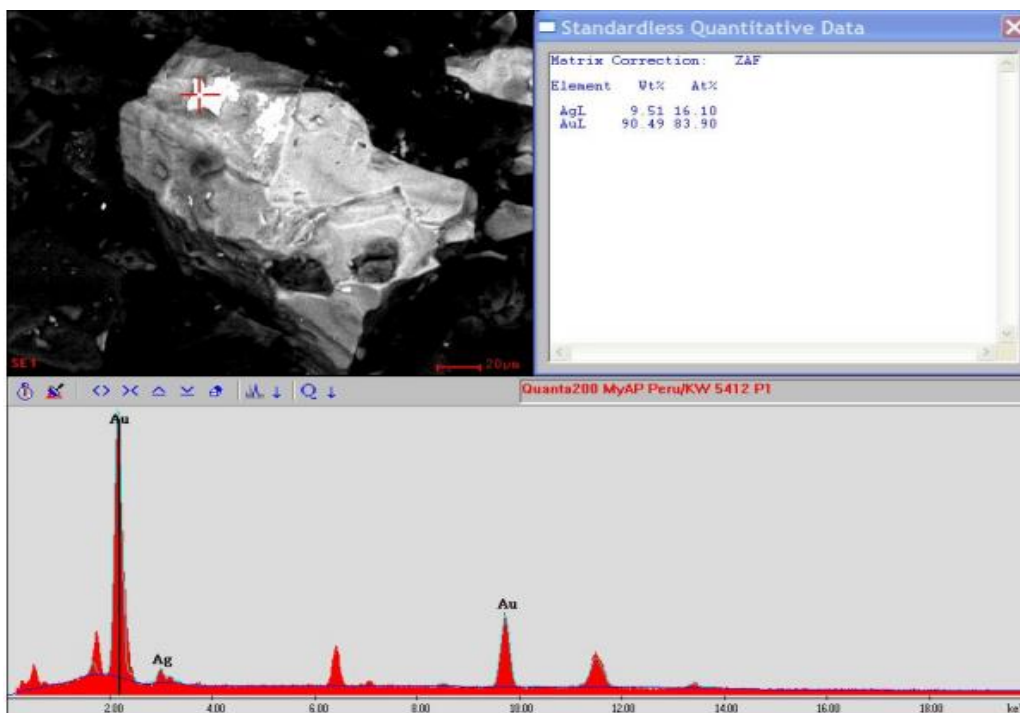


**Figura 37.-** Espectrograma del MEB indicando la cantidad de cada elemento dentro del rango de análisis del Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C)

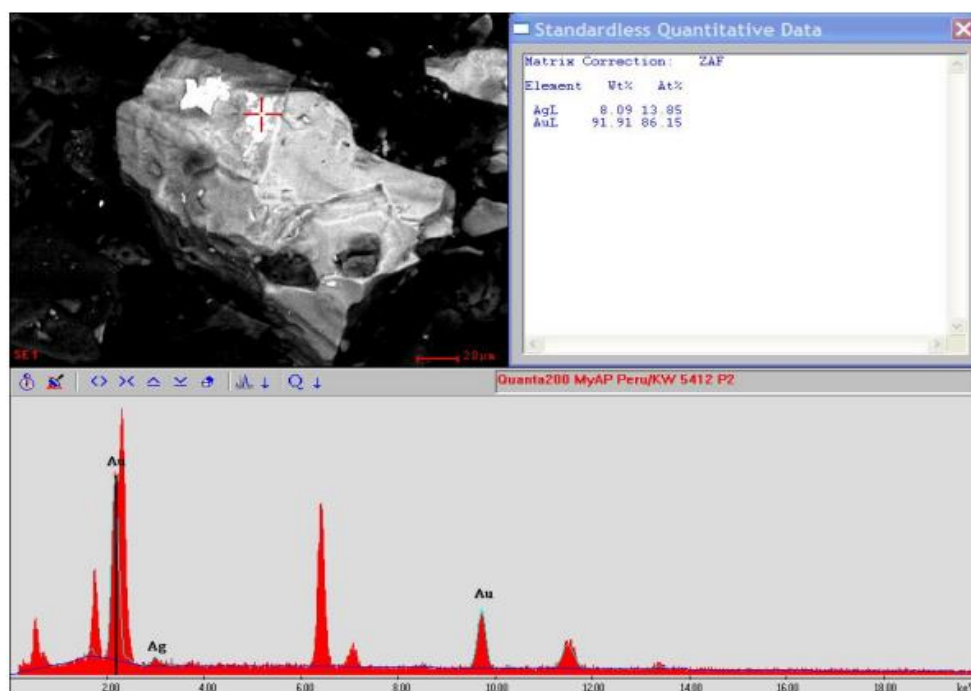


**Figura 38.-** Fotografía (2) a 1234 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C)

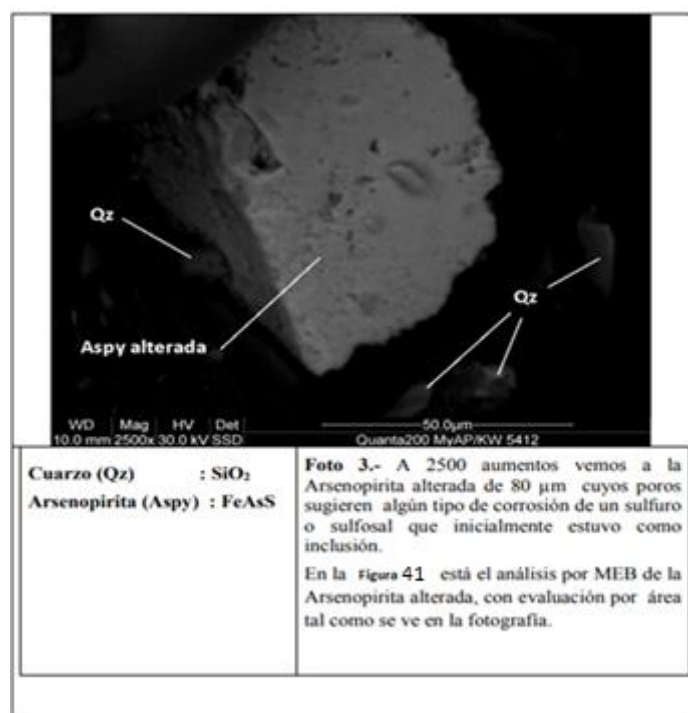




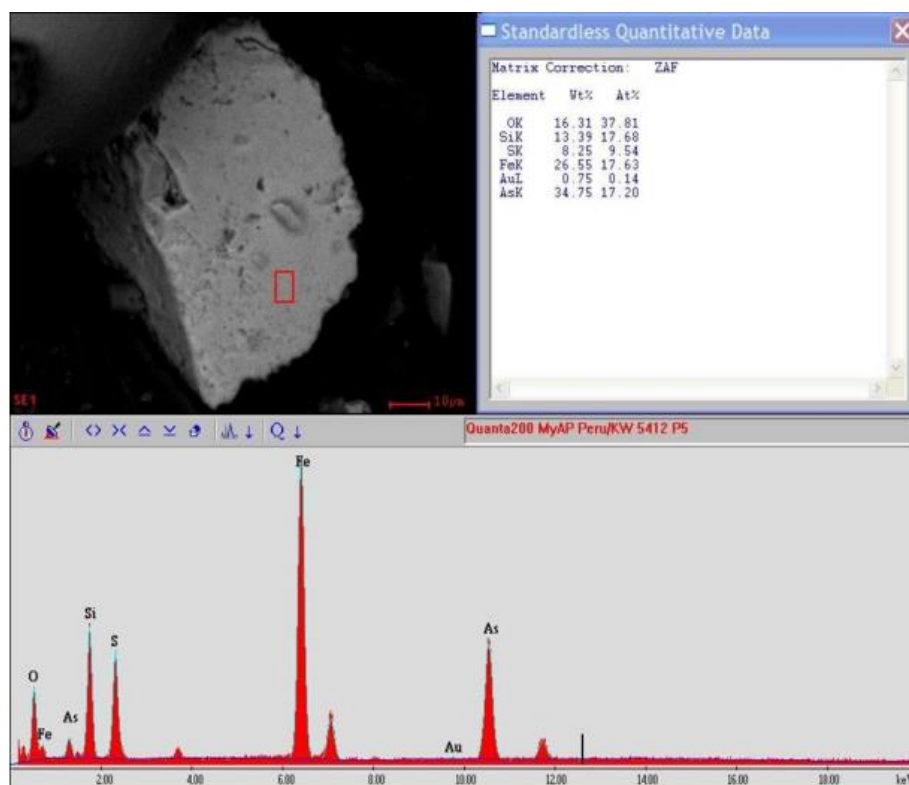
**Figura 39 .-** Espectrogramas del MEB; análisis espectral del cristal de Pirita con contenidos altos en S y Fe. (Fuente: Química Germana S.A.C)



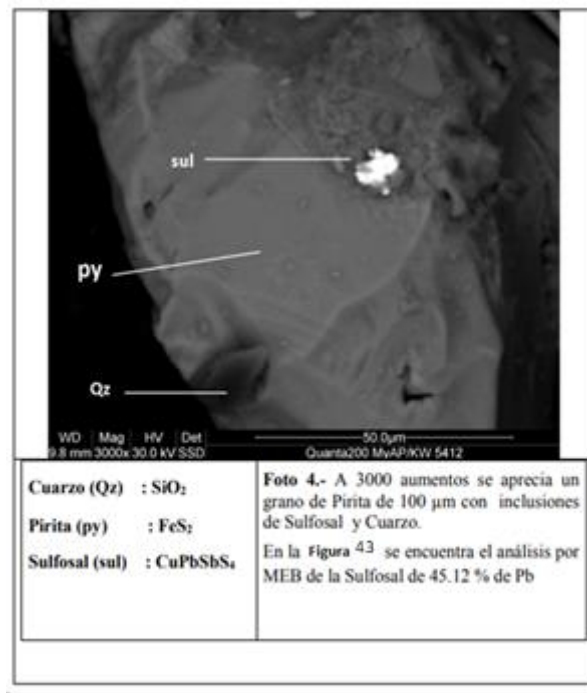
**Figura 40.-** Espectrogramas del MEB; análisis espectral de una Macropartícula de Electrum con contenidos de Oro y Plata. (Fuente: Química Germana S.A.C)



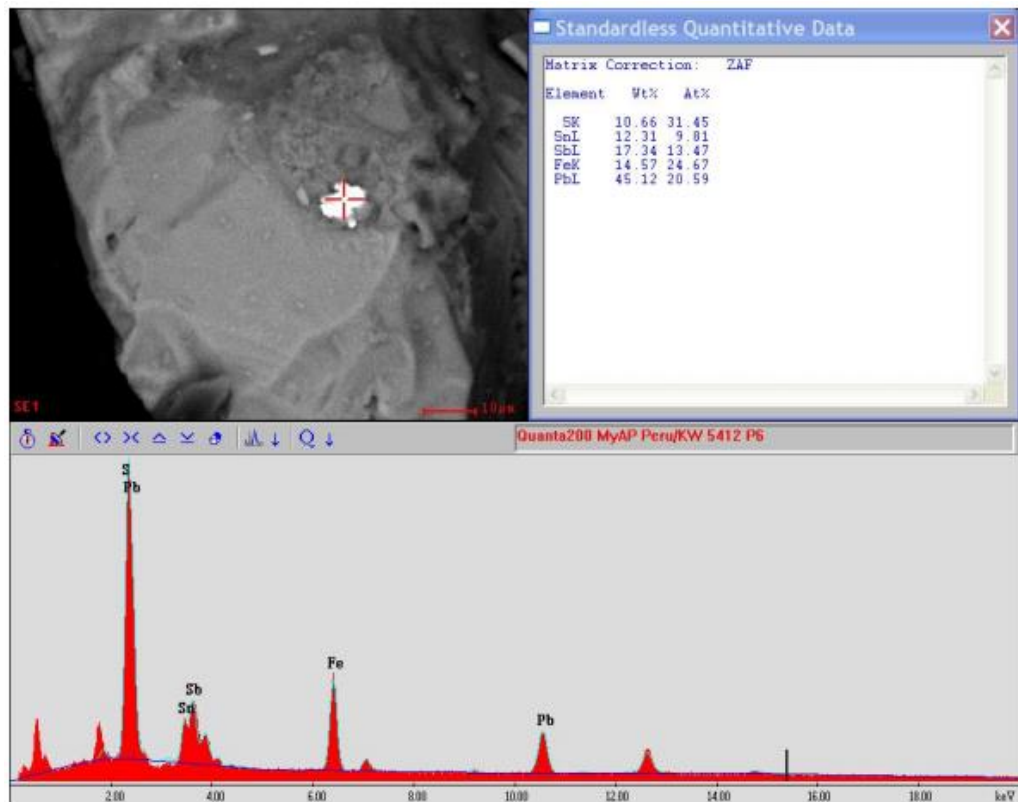
**Figura 41.-** Fotografía (3) a 2500 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C)



**Figura 42.-** Análisis espectral por MEB de la Arsenopirita se observa altos contenidos de S, Fe, As y Au en mínima cantidad. (Fuente: Química Germana S.A.C)



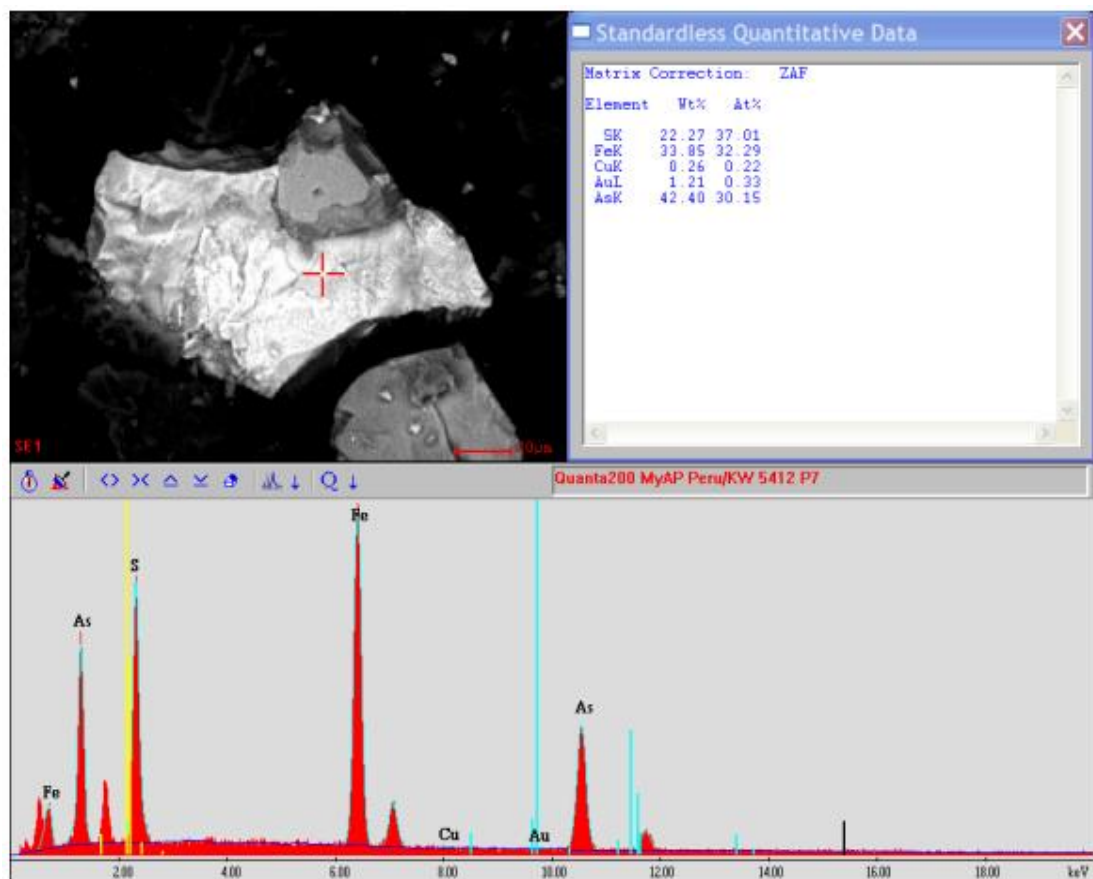
**Figura 43 .-** Fotografía (4) a 3000 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C)



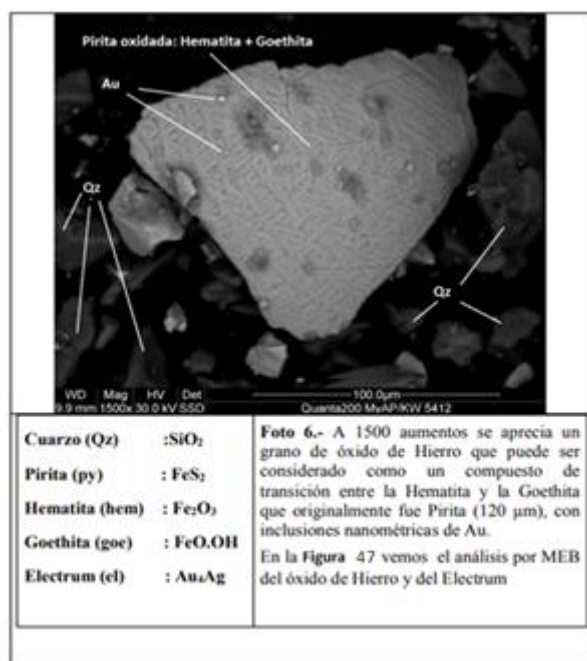
**Figura 44.-** Análisis espectral por MEB del sulfosal incluido dentro de la pirita. (Fuente: Química Germana S.A.C)



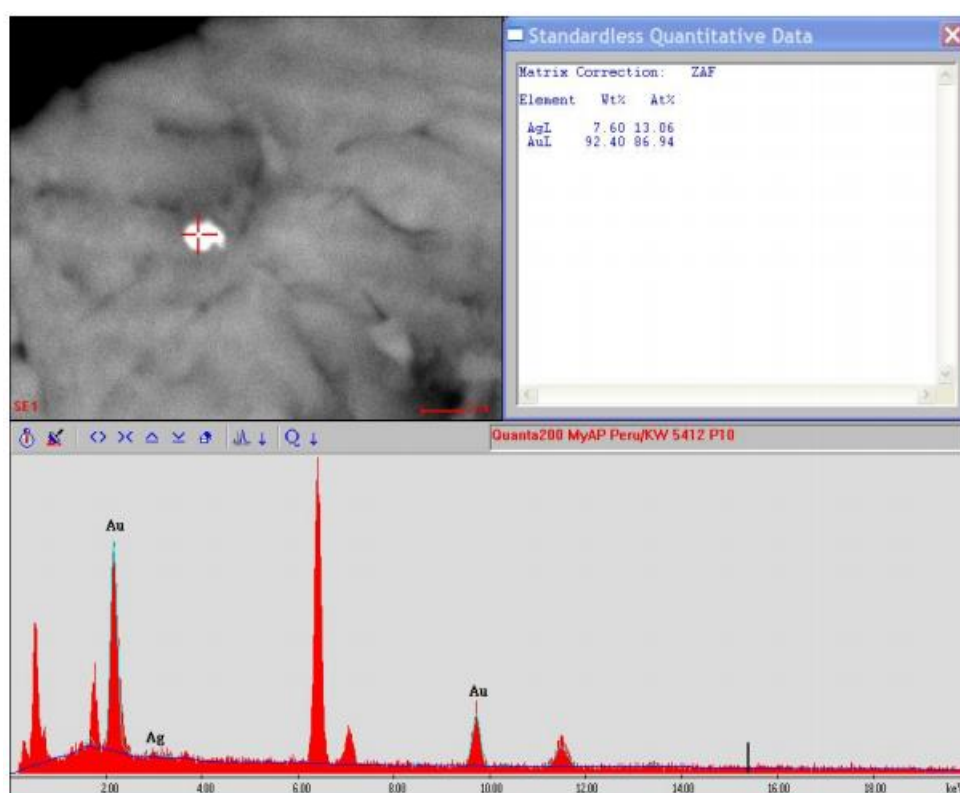
**Figura 45.-** Fotografía (5) a 1500 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C)



**Figura 46.-** Análisis de muestras de cuarzo, arsenopirita y pirita. (Fuente: Química Germana S.A.C)

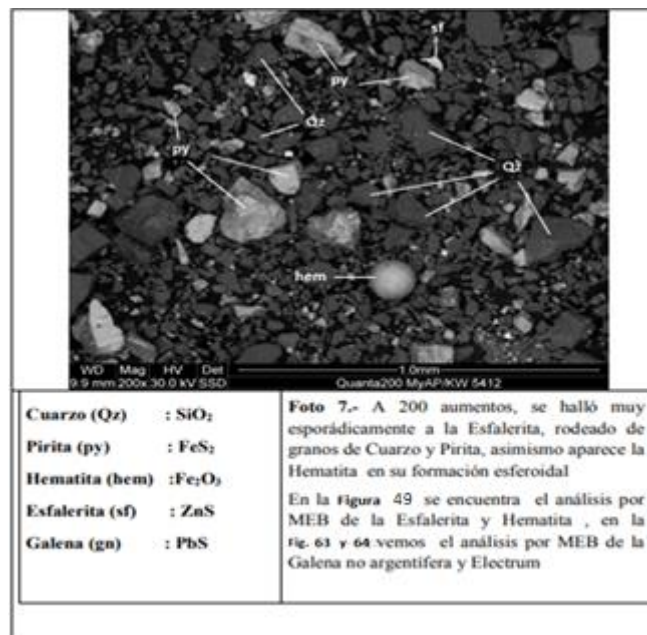


**Figura 47.-** Fotografía (6) a 1500 aumentos - Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). (Fuente: Química Germana S.A.C)

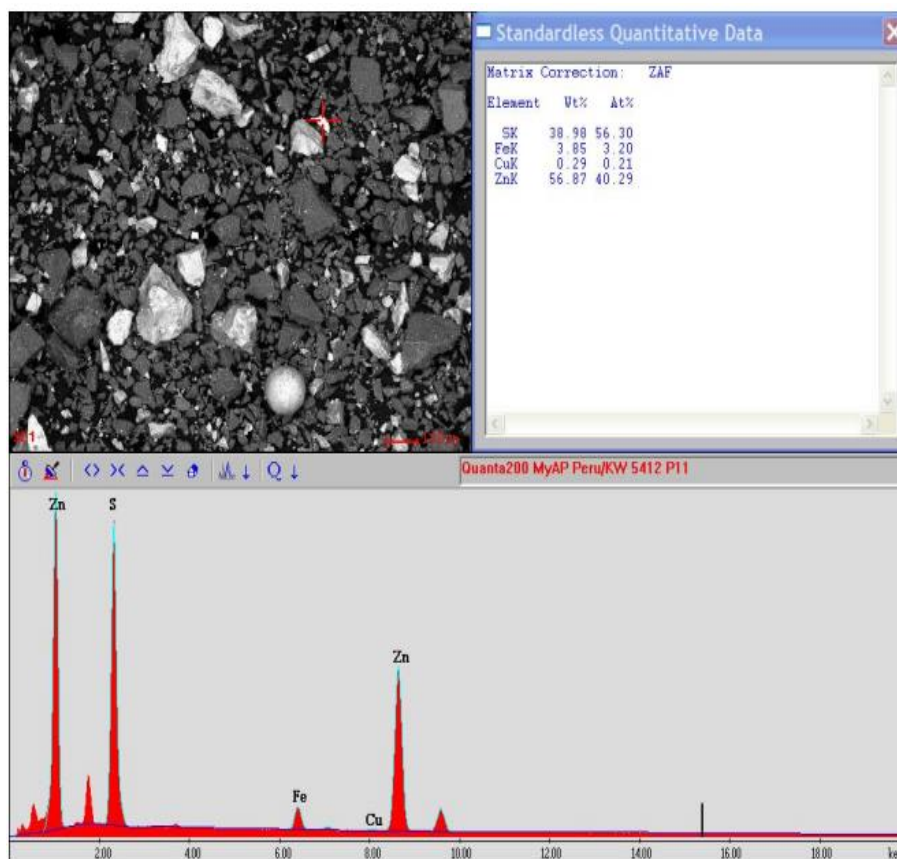


**Figura 48.-** Análisis espectral por MEB del Electrum. (Fuente: Química Germana S.A.C)

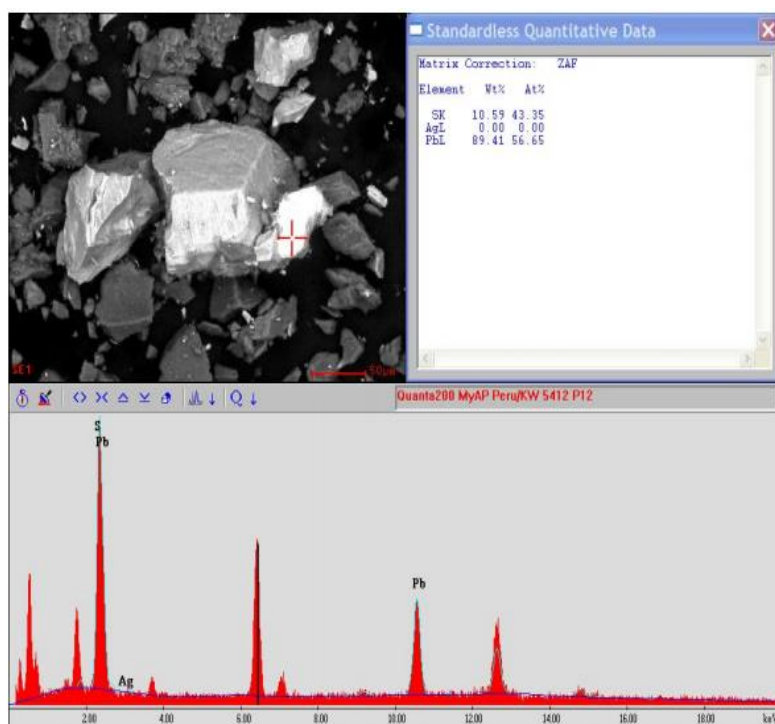




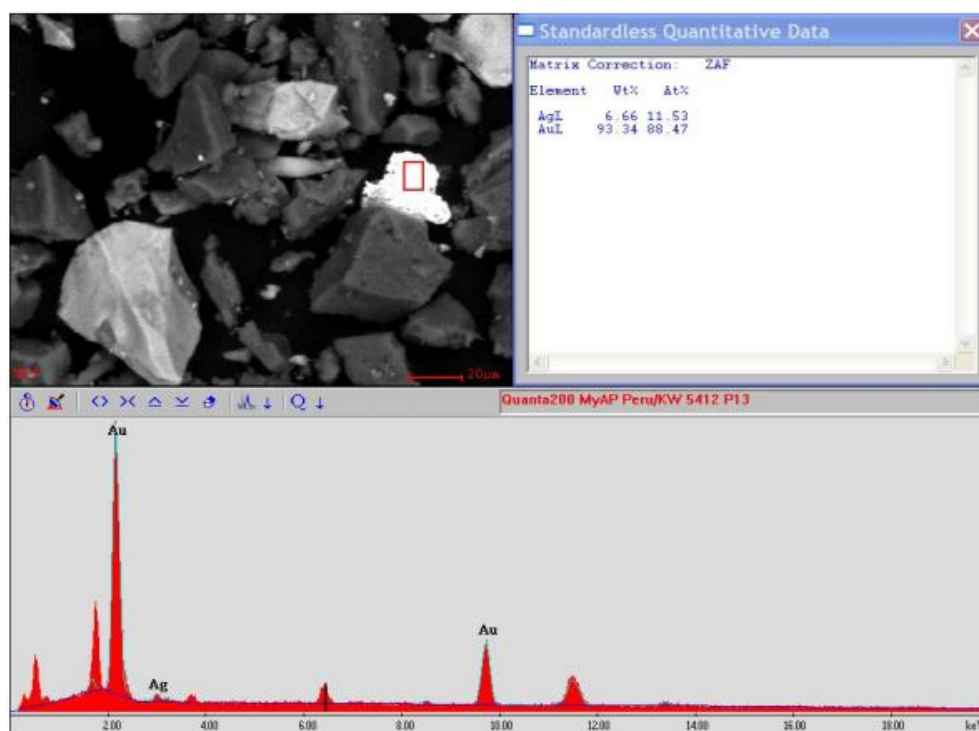
**Figura 49.-** Fotografía (7) Análisis espectral por MEB del Electrum. (Fuente: Química Germana S.A.C)



**Figura 50.-** Análisis espectral por MEB de muestras de Hematita y Esfalerita. (Fuente: Química Germana S.A.C)



**Figura 51.-** Análisis espectral por MEB de muestra de Galena Argentífera. (Fuente: Química Germana S.A.C)



**Figura 52.-** Análisis espectral por MEB de Electrum a 200 aumentos. (Fuente: Química Germana S.A.C)

**Tabla 18.-** Resumen análisis mineralógico por MEB del concentrado gravimétrico

Micro	Fase	Aumentos	Análisis por Especies Mineralógicas Identificadas (%Vol)									
Fotos	Microfoto	al MEB	Cuarzo	Pirita	Calcita	Arsenopy	Hematita	Alúmina	Sulfosal	Galena	Esfalerita	Electrum
7	Varias	3000X	63	18	6	5	4	2	1,6	0,5	tz	tz
Micro Foto	Fase Microfoto	Aumentos al MEB	Análisis por Elementos (%)									
			O	Si	Fe	S	Ca	Al	Mg	As	Au	Ag
1	Total	100 X	43,61	29,52	11,35	10,61	2,71	1,16	0,74			
2	P1: Electrum (Au)	1324X									90,49	9,51
2	P2: Electrum (Au)	1324X									91,91	8,09
2	P3: Pirita (py)	1324X			44,22	55,32					0,45	
2	P4: Electrum (Au)	1324X									96,82	3,18
3	P5: Arsenopirita (Aspy)	2500X	16,31	13,39	26,55	8,25	Sn	Sb	Pb	34,75	0,75	
4	P6: Sulfosal (sul)	3000X			14,57	10,66	12,31	17,34	45,12			
5	P7: Arsenopirita (Aspy)	1500X			33,85	22,27				42,4	1,21	
5	P8: Pirita (py)	1500X			45,36	54,11					0,54	
6	P9: Goethita (goe)	1500X	34,82		65,18							
6	P10: Electrum (Au)	1500X								Zn	92,40	7,60
7	P11: Esfalerita (sf)	200X			3,85	38,98				56,87		
7	P12: Hematita (hem)	200X	30,84		69,16							
7	P12A: Galena (gn)	200X				10,59			89,41			
7	P13: Electrum (Au)	200X									93,34	6,66

Fuente: Informe Química Germana S.A.C



**Tabla 19.-** Tabla interpretativa en la fase de microfotografías

P1 (Microfotografía)	ELECTRUM A 1324 X. (Aumentos)
P2 (Microfotografía)	ELECTRUM A 1324X. (Aumentos)
P3 (Microfotografía)	PIRITA A 1324 X. (Aumentos)
P4 (Microfotografía)	ELECTRUM A 1324X. (Aumentos)
P5 (Microfotografía)	ARSENOPIRITA 2500 X. (Aumentos)
P6 (Microfotografía)	SULFOSAL 3000 X. (Aumentos)
P7 (Microfotografía)	ARSENOPIRITA 1500 X. (Aumentos)
P8 (Microfotografía)	PIRITA A 1500 X. (Aumentos)
P9 (Microfotografía)	GOETITA A 1500 X. (Aumentos)
P10 (Microfotografía)	ELECTRUM A 1500 X. (Aumentos)
P11 (Microfotografía)	ESFALERITA A 200 X. (Aumentos)
P12 (Microfotografía)	HEMATITA A 200 X. (Aumentos)
P12.A (Microfotografía)	GALENA A 200 X. (Aumentos)
P13 (Microfotografía)	ELECTRUM A 200 X. (Aumentos)

Fuente: El autor

**Tabla 20.-** Tamaño y porcentaje de volumen en el análisis del concentrado

Comp. Mineralógica	Fórmula	Tamaño (µm)	% en Volumen
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	200	63
Pirita	FeS <sub>2</sub>	150	18
Calcita	CaCO <sub>3</sub>		6
Arsenopirita	FeAsS	80	5
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	120	4
Alúmina	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2
Sulfosal	CuPbSbS <sub>4</sub>	10	2
Galena	PbS	50	0,5
Esfalerita	ZnS	10	0,1
Electrum	Au <sub>4</sub> Ag <sub>1</sub>	2-20	0,1

Fuente: Informe Química Germana S.A.C

### 5.7.3 Observación de la pirita encontrada en el concentrado

Este compuesto es de gran importancia en el Concentrado Gravimétrico de oro, por contener las inclusiones de oro de aproximadamente de 20  $\mu\text{m}$ , además de oro nanométrico bajo la forma de Electrum (93 % Au y 7 % de Ag, ver tabla 21), y oro en su red cristalina, en la tabla 22 se muestra el promedio de composición de la Pirita.

La Pirita tiene además inclusiones nanométricas de Galena.

**Tabla 21.-** Análisis por MEB del Electrum

Electrum	P1	P2	P4	P10	P13	Promedio
Ag	9,51	8,09	3,18	7,60	6,66	7,01
Au	90,49	91,91	96,82	92,40	93,34	92,99

Fuente: Informe Química Germana S.A.C

**Tabla 22.-** Análisis por MEB de la pirita

Pirita	P3	P8	Promedio
S	55,32	54,11	54,72
Fe	44,22	45,36	44,79
Au	0,45	0,54	0,50

Fuente: Informe Química Germana S.A.C

### 5.7.4 Observación de la arsenopirita encontrada en el concentrado

Este compuesto, al igual que la Pirita contiene oro en su red cristalina, en la tabla 23 se muestra el promedio de composición.

**Tabla 23.-** Análisis por MEB de la pirita

Arsenopirita	P5	P7	Promedio
O	16,31		16,31
Si	13,39		13,39
S	8,25	22,27	15,26
Fe	26,55	33,85	30,20
Cu		0,26	0,26
Au	0,75	1,21	0,98
As	34,75	42,40	38,58

Fuente: Informe Química Germana

## CAPITULO VI

### ESTUDIO METALÚRGICO

#### 6.1 Pruebas metalúrgicas a nivel de laboratorio

El objetivo de realizar las pruebas metalúrgicas, es proporcionar datos en porcentaje de recuperación para poder determinar qué proceso o que combinación de procesos, serán los más idóneos para garantizar una alta recuperación metalúrgica. Puesto que se brindaron datos previamente suministrados en la caracterización mineragráfica, así mismo se pretende erradicar el proceso de amalgamación debido a que la planta no cuenta con un equipo de retorta capaz de recuperar el mercurio que a su vez es un medio altamente contaminante, peligroso y nocivo.

Con la mineragrafía se determinan los problemas que acarrea cada mineral caracterizándolo nos proporciona las asociaciones mineralógicas, grado de liberación, presencia de encapsulamiento de oro y entrapamiento del mismo, así como la arsenopirita, sulfuros y carbonatos que afectan al proceso metalúrgico tanto flotación y cianuración, esto se ve reflejado en la recuperación, tener previamente una caracterización mineragráfica proporciona una manera más sencilla de estudiar al mineral ya que de ante mano se conoce las gangas que acarrear los problemas generados en planta.

En el cuadro resumen de la tabla 26, se observa un cuadro de recuperación en planta muy variable, no hay eficiencia en gravimetría, tampoco en flotación. En gravimetría la recuperación varía desde 28.94% hasta 55.46% donde debería mantenerse en unos rangos de 45% a 50% de recuperación en concentrado gravimétrico.

Al igual que en flotación donde la recuperación en la minera Qero's varía desde 46.53% hasta 79.33%. En la tabla mostrada se aprecia las falencias en recuperación se debería

mantener en un rango de concentración entre 40% a 45% en concentrado. En la recuperación final del concentrado entre gravimetría y flotación sobrepasa el 100%.

Lo que se pretende es que con ayuda de la mineragrafía estos parámetros se estandaricen ya que se pudo apreciar que debido a su alto contenido de cuarzo y roca pizarra, hay presencia de lamas, aparte que la apertura del over flow en el hidrociclón no es el más óptimo, ya que se pudo ver en planta que el P80 no era el tamaño más óptimo para lograr una buena liberación, al observar el concentrado en el microscopio se puede ver que el oro no logra liberarse por completo y aún tiene inclusiones de gangas implicando así problemas en chancado y molienda.

Al generarse lamas por presencia de gangas en la gravimetría, estas repercutirán en la flotación haciendo que el concentrado sea menos limpio, debido a que en el microscopio se pudo observar la presencia de arsénico y antimonio que son perjudiciales y penalizables en el concentrado.

**Tabla 24.-** Composición mineralógica porcentual

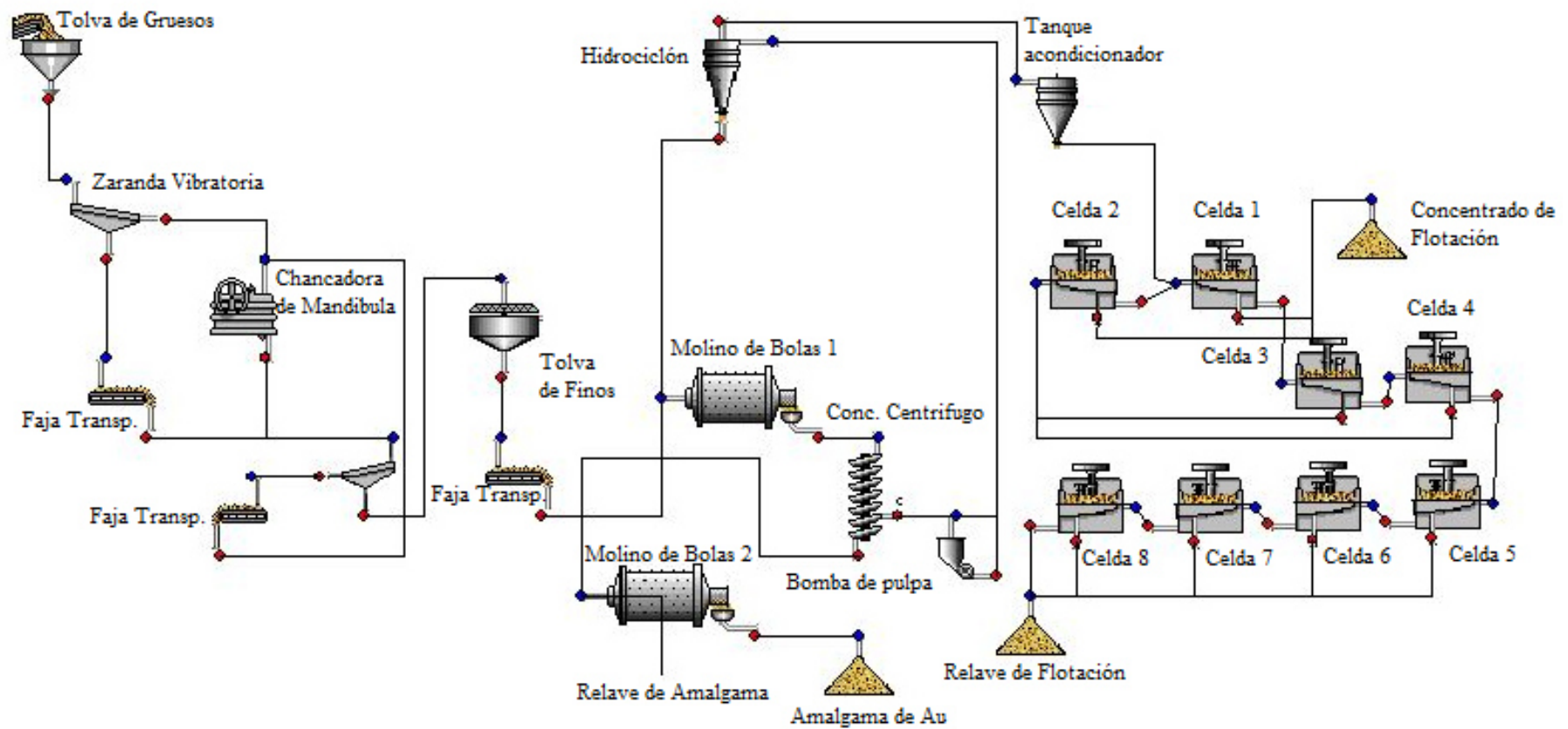
MINERALES	PORCENTAJE
CUARZO	63%
PIRITA	18%
CALCITA	6%
ARSENOPIRITA	5%
HEMATITA	4%
COMO ESPECIES MENORES	
ALUMINA	2%
SULFOSAL	1.6%
GALENA	0.5%
TRAZAS DE ESFALERITA Y ELECTRUM	

Fuente: Elaboración Propia

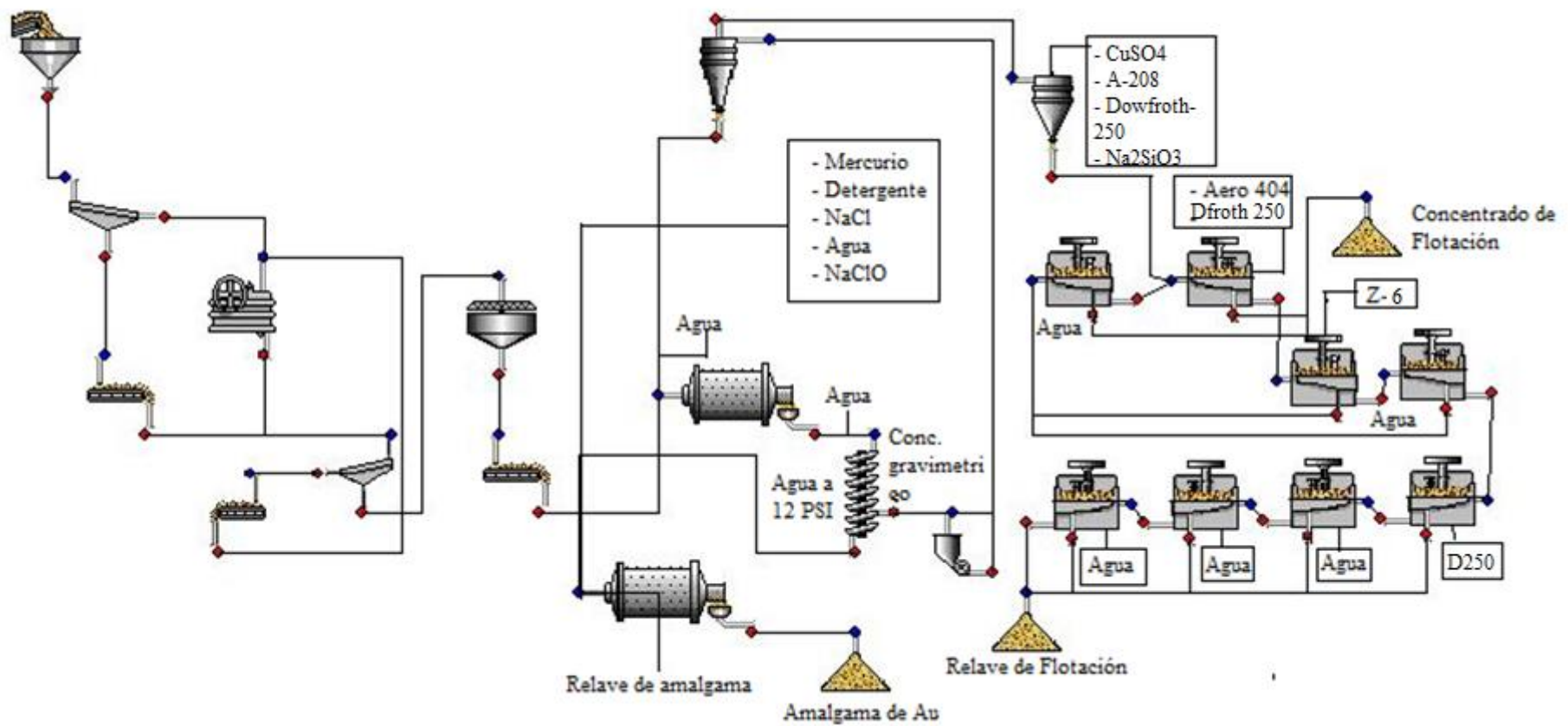
**Tabla 25.-** Cuadro resumen del mes de febrero donde se aprecia los rangos mínimos y máximos

FECHA	TMSD	BALANCE ACTUAL					BALANCE REAL	
		CONCENT. ICON		CONCENT.	FLOTACION	RECUP. GRAVL.	RECUP. GRAV.	ACUMULADO (%) GRAVL +
		(TMS)	Recup. (%)	TMS	Recup. (%)	+ FLOT. (%)	+ FLOT. (%)	FLOT. + RELAVE
05/02/2019	4.956	0.056	39.27	0.080	69.11	108.38	igual ó >90	100
06/02/2019	8.673	0.213	35.19	0.422	79.33	114.52	igual ó >90	100
07/02/2019	7.847	0.152	35.88	0.389	78.79	114.67	igual ó >90	100
08/02/2019	7.450	0.166	55.46	0.127	55.50	110.96	igual ó >90	100
09/02/2019	5.588	0.081	31.30	0.140	66.48	97.78	igual ó >90	100
10/02/2019	5.960	0.088	28.95	0.124	72.87	101.81	igual ó >90	100
11/02/2019	6.705	0.139	46.11	0.087	67.26	113.37	igual ó >90	100
12/02/2019	7.450	0.150	29.77	0.101	57.07	86.85	igual ó >90	100
13/02/2019	6.705	0.134	29.97	0.060	52.95	82.92	igual ó >90	100
14/02/2019	6.333	0.060	31.30	0.074	46.53	77.83	igual ó >90	100
16/02/2019	8.195	0.112	39.07	0.098	63.47	102.55	igual ó >90	100
17/02/2019	7.823	0.107	38.83	0.066	65.93	104.76	igual ó >90	100
18/02/2019	5.588	0.077	48.85	0.130	71.70	120.56	igual ó >90	100
19/02/2019	7.450	0.176	42.25	0.084	55.07	97.33	igual ó >90	100
21/02/2019	7.437	0.132	33.97	0.106	63.78	97.75	igual ó >90	100
22/02/2019	3.131	0.022	37.27	0.048	67.78	105.05	igual ó >90	100
23/02/2019	8.098	0.106	53.86	0.089	56.24	110.09	igual ó >90	100
<b>TOTAL</b>	<b>115.389</b>	<b>1.971</b>	<b>38.66</b>	<b>2.225</b>	<b>64.11</b>	<b>102.78</b>		
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.788</b>	<b>0.116</b>	<b>38.63</b>	<b>0.131</b>	<b>64.11</b>	<b>102.78</b>		

Fuente: Minera Qero's Gold



**Figura 53.-** Flow sheet del proceso metalúrgico (Fuente: El autor).

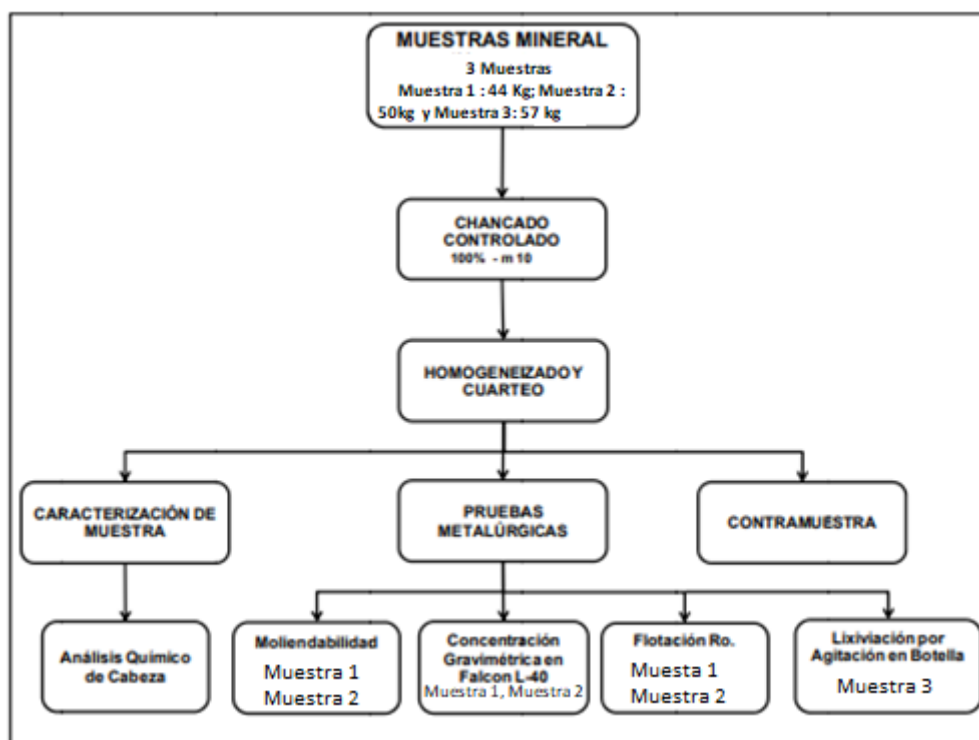


**Figura 54.-** Flow sheet del proceso metalúrgico - dosificación de agua y reactivos (Fuente: El autor).



## 6.2 Preparación mecánica de muestra

Por cada muestra individual se realizó un chancado controlado para obtener 100% - 10 mallas Tyler, se realizó un homogeneizado y cuarteo de la muestra para obtener una muestra representativa para cada prueba metalúrgica a realizarse. (Véase figura 55)



**Figura 55.-** Esquema general del proceso. (Fuente: Elaboración propia)

**Tabla 26.-** Codificación, peso de las muestras para los respectivos procesos metalúrgicos y porcentaje de mezcla (blending)

CODIGO		PESO BRUTO (Kg)	PORCENTAJE (%)
Muestra - 1	V. Inkaracay	28	63.64%
	V. Mina San. 2	16	36.36%
Muestra - 2	V. Inkaracay	18	36.00%
	V. Mina San. 2	32	64.00%
Muestra - 3	V. Inkaracay	28	49.12%
	V. Mina San. 2	29	50.88%

Fuente: Elaboración propia

### 6.3 Caracterización química

#### 6.3.1 Determinación de humedad

En la tabla 27 se muestra el porcentaje de humedad determinado para cada muestra

**Tabla 27.-** Humedad de las muestras

Código de muestra	Humedad (%)
Muestra -1	2.07
Muestra -2	0.46
Muestra -3	0.78

Fuente: Elaboración propia

#### 6.3.2 Análisis químico

**Tabla 28.-** Análisis químico del mineral de cabeza

Codificación de las Muestras	Leyes			
	Au	Ag	Fe	As
	g/T	g/T	%	%
Muestra -1	0.16	< 0.5	4.15	0.15
Muestra -2	2.92	< 0.5	3.47	0.06
Muestra -3	1.95	< 0.5	5.06	0.12

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de análisis químico del mineral de cabeza, para elementos valiosos de interés reportan 0.16 g/T de oro en la muestra – 1, para la muestra – 2 reporta 2.92 g/T, 1.95 g/T en la muestra – 3 y valores menores de 0.5 g/T en Plata. Entre las gangas que acompañan al mineral aurífero se encuentra el Fe con 4.15% muestra - 1, muestra - 2 de 3.47%, 5.06 % muestra – 3 valores de azufre menores al 0.15%.

**Tabla 29.-** Análisis químico por espectrómetro de plasma ICP

Código de Muestra	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co
	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
Muestra -1	<0.23	5.66	1578	354	1	<4	0.76	<1	13
Muestra -2	0.28	1.55	621	116	0.5	<4	2.05	<1	12
Muestra -3	0.28	8.54	1234	452	2.5	<4	0.85	<1	20
Código de Muestra	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Mg	Mn	Mo
	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm
Muestra -1	300	13.2	3.98	19	1.65	9.5	0.94	832	<1
Muestra -2	401	18.3	3.42	<9	0.55	6.2	0.82	1355	<1
Muestra -3	196	11.3	5	22	2.55	21.4	1.14	835	<1
Código de Muestra	Na	Nb	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc	Sn
	%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	ppm
Muestra -1	0.42	4	28	0.03	41	0.98	<5	9.3	<10
Muestra -2	0.1	1	17	0.04	50	1.65	<5	3	<10
Muestra -3	0.7	5	44	0.1	32	1.03	<5	14.2	<10
Código de Muestra	Sr	Ti	V	W	Y	Zn	Zr		
	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm		
Muestra -1	82.3	<2	58	<1	5.2	81	32.6		
Muestra -2	204	<2	16	<1	4.4	73.5	14.5		
Muestra -3	110	<2	85	<1	8	103	46.6		

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4 Moliendabilidad

Se procedió a realizar pruebas de moliendabilidad debido a la dureza del mineral, cuarzo y rocas metamórficas (pizarras) que afectan al grado de liberación y al consumo energético excesivo en planta; por este motivo se determinó el tiempo de molienda de cada muestra. Realizando 4 moliendas diferentes a diferentes tiempos, los productos obtenidos fueron analizados granulométricamente para la elaboración de la curva de moliendabilidad, en la siguiente tabla se presenta el tiempo de molienda obtenido para lograr una granulometría de 65% malla -200 para cada muestra, esto con el fin de alcanzar una mejor granulometría y grado de liberación para que facilite el proceso metalúrgico debido que a partir de esta granulometría son las condiciones para poder flotar la pirita.

La prueba de moliendabilidad se realizó bajo los siguientes parámetros de acondicionamiento.

- 1 kilogramo de muestra de mineral.
- 500 mililitros de agua.
- Se realizó tiempo de molienda para las 3 muestras:
  - Muestra - 1: 15, 20, 25 y 30 min
  - Muestra - 2: 15, 25, 35 y 45 min
  - Muestra - 3: 15, 20, 25 y 30 min.
- Carga de bolas de los molinos (66% de 1'', 30% de 1.5'' y 4% de 0.5'')
  - ✓ Molino de bolas 8'' x 10''



**Figura 56.-** Análisis de molienda (Fuente: Elaboración propia)

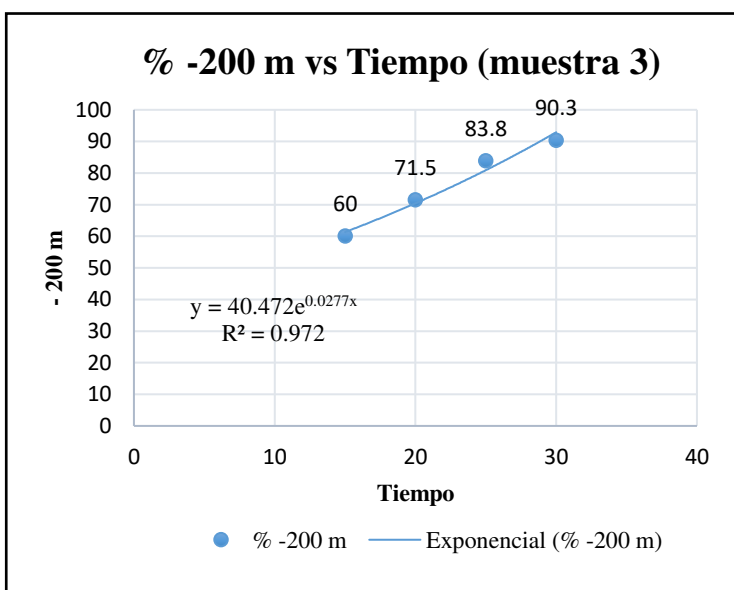
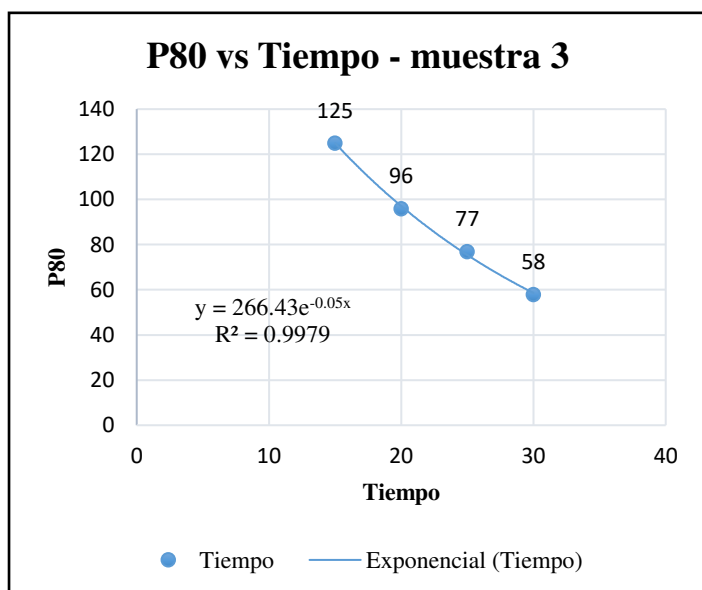
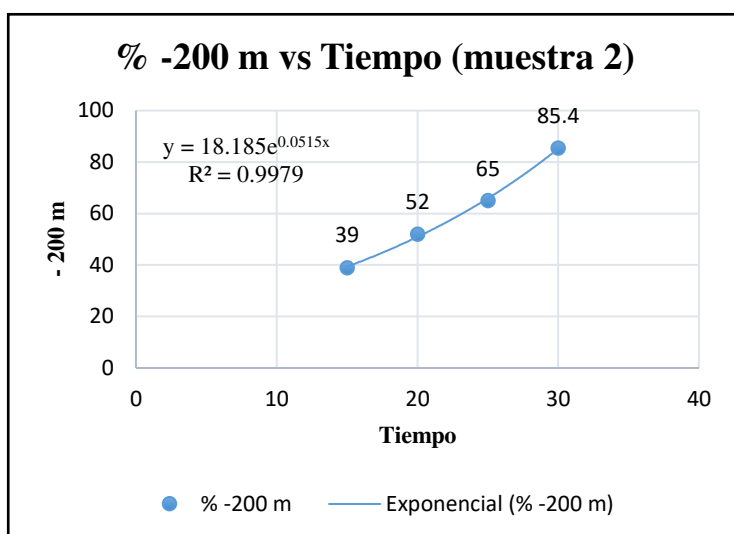
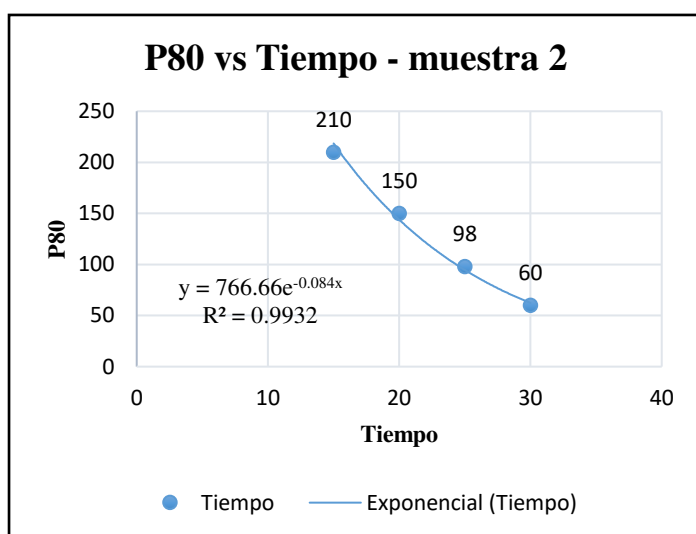
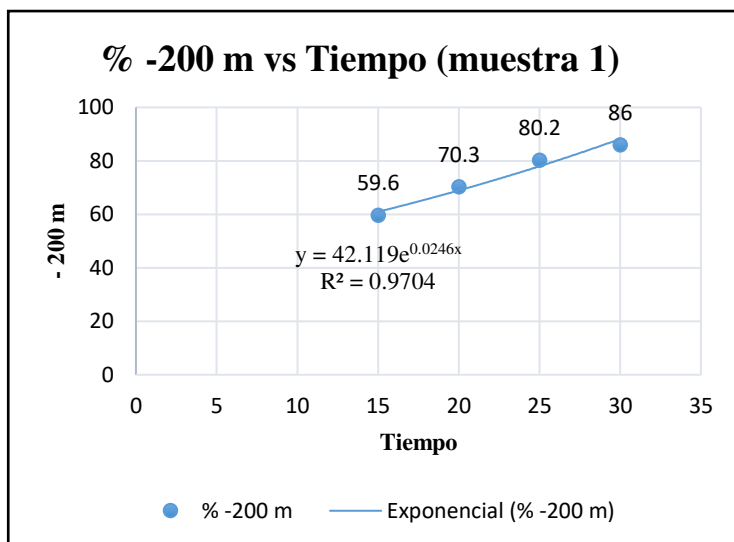
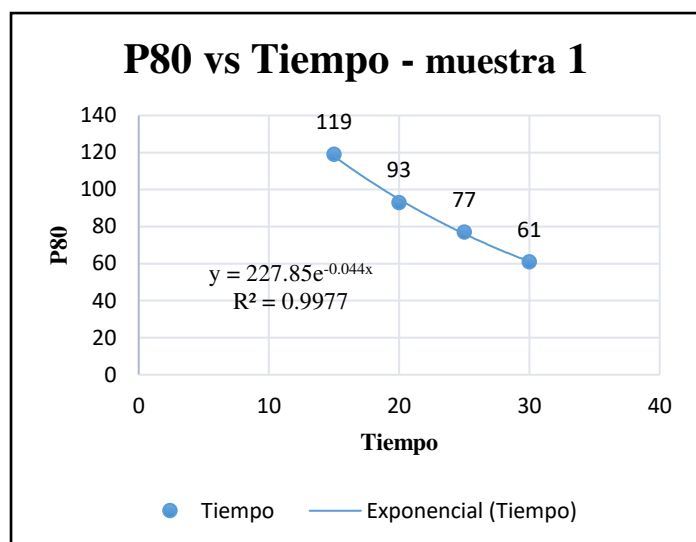
En la tabla 30 se muestran los resultados de porcentaje de mallas y P80

**Tabla 30.-** Resultados de análisis granulométrico

Código de muestra	Tiempo	P80	% -200 m
	(min)	( $\mu\text{m}$ )	
Muestra -1	15	119	59.6
	20	93	70.3
	25	77	80.2
	30	61	86
Muestra -2	15	210	39
	20	150	52
	25	98	65
	30	60	85.4
Muestra -3	15	125	60
	20	96	71.5
	25	77	83.8
	30	58	90.3

Fuente: Elaboración propia

Empleando los valores de la tabla anterior se elabora la curva de moliendabilidad, en base a la cual se determina el tiempo de molienda necesario para obtener granulometrías de 65% -200 mallas obsérvese la gráfica 57.



**Figura 57.-** Curva de moliendabilidad P80 vs Tiempo (Fuente: Elaboración Propia)

**Tabla 31.-** Resumen de Tiempo, % -m200 y P80 calculado

Código de Muestras	Resumen Tiempo Molienda		
	% -m200	Tiempo (min)	P80( $\mu$ m)
Muestra -1	65	16.4	110
	85	29.5	65
Muestra -2	65	31.2	100
	85	43.6	68
Muestra -3	65	17.5	115
	85	27.6	67

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 32.-** Cuadro resumen de moliendabilidad

Código de Muestras	Resumen Tiempo Molienda		
	% -m200	Tiempo (min)	P80( $\mu$ m)
Muestra -1	65	16.4	93
Muestra -2	65	23.2	115
Muestra -3	65	18.5	98

Fuente: Elaboración propia

De las gráficas y cuadros podemos concluir que el mineral es muy duro independientemente de la mezcla de mineral (blending), se trabajó la moliendabilidad en 4 tiempos de 5,10,15 y 20 minutos se determinó un promedio de 19.37 minutos para así obtener un P80 de 100 micrones, que es la granulometría más óptima para los procesos metalúrgicos seleccionados según nuestro tipo de mineral, se debe trabajar con 65% - 200 mallas para poder flotar pirita y concentrar oro grueso por centrifugación.

Esto debido a los resultados previos con la mineragrafía donde pudimos observar el encapsulamiento pirítico y oro libre.

### 6.5 Concentración gravimétrica Falcon L-40

Se aplica la concentración gravimétrica ya que es un método adecuado para separar y concentrar oro grueso libre, también por su alto peso específico. Se realizaron dos pruebas de concentración gravimétrica en Falcon L-40, con las muestras denominadas Muestra - 1 y Muestra - 2, cuyos parámetros se muestran en la siguiente tabla 33.

**Tabla 33.-** Parámetros operativos – concentración gravimétrica

PARAMETROS DE OPERACIÓN	
Peso de Muestra	10 Kg
Granulometría	65% -m200
Tipo de Agua	Potable
Flujo de Alimentación	1800 ml/min.
Falcon L-40	
Fuerza de Gravedad	98 G (45Hz)
Presión de Agua	1.5 PSI

Fuente: Elaboración propia

Con los productos obtenidos y sus respectivos ensayos químicos, se procedió a realizar los balances metalúrgicos y se representan en las siguientes tablas.



**Figura 58.-** Concentrador gravimétrico Falcon F-140



**Tabla 34.-** Balance metalúrgico concentrado gravimétrico (1 corrida) – Muestra - 2.

Producto	Peso	Ley (g/t)		Recuperación (%)	
	(%)	Au	Ag	Au	Ag
Conc. Grav. Muestra -2	1.19	89.78	7	49.19	13.40
Cola Grav. Muestra - 2	98.81	1.09	0.5	50.81	86.60
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>2.15</b>	<b>0.58</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Cab. Ensayada.		2.92	<0.5		

Fuente: Elaboración propia

La recuperación en peso en el concentrado gravimétrico fue de 1.19%, que reporto un contenido de 89.78 g/t en concentrado gravimétrico de Au, con una recuperación en concentrador gravimétrico de 49.19% en concentrado de Au y 13.40% de concentrado de Ag.

**Tabla 35.-** Balance metalúrgico concentrado gravimétrico (1 corrida) – Muestra – 3.

Producto	Peso	Ley (g/t)		Recuperación (%)	
	(%)	Au	Ag	Au	Ag
Conc. Grav. Muestra - 3	1.19	132	7.7	58.61	14.63
Cola Grav. Muestra – 3	98.81	1.1	0.5	41.39	85.37
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>2.66</b>	<b>0.59</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Cab. Ensayada.		1.95	<0.5		

Fuente: Elaboración propia

La recuperación en peso en el concentrado gravimétrico fue de 1.19%, que reporto un contenido de 132 g/t en concentrado gravimétrico de Au, con una recuperación en concentrador gravimétrico de 58.61% en concentrado de Au y 14.63% de concentrado de Ag.

**Tabla 36.-** Resumen prueba gravimétrica

Muestra	Ley (g/T)		Recuperación (%)	
	Au	Ag	Au	Ag
Conc. Grav. Muestra -2	89.78	7	49.19	13.4
Conc. Grav. Muestra -3	132	7.7	58.61	14.63

Fuente: Elaboración propia

La recuperación de Au obtenido utilizando el concentrador gravimétrico Falcon L-40 de laboratorio es de 49.19% para la Muestra – 2, y de 58.61% para la Muestra - 3, con leyes de Au en el concentrado de 132 g/t y 89.78 g/t respectivamente.

## 6.6 Lixiviación por agitación en botella

Se realizó pruebas de lixiviación cianurada directa para ver cómo repercute en la recuperación sin utilizar gravimetría, se corrió 1 prueba de lixiviación por agitación en botella, a partir de la muestra de cabeza (Muestra – 3) con blending en veta Inkaracay y veta Mina Sanca 2 de, 49.12% y 50.88% respectivamente bajo las siguientes condiciones operativas.

**Tabla 37.-** Parámetros de operación – Lixiviación por agitación

PARAMETROS DE OPERACIÓN	
Peso de muestra	2 Kg
% de sólidos	30%
Granulometría	85% - m200
Fuerza de cianuro	1500 ppm
Tiempo y controles	2.4.8.12.48 Y 72 horas
pH	10.5 - 11

Fuente: Elaboración propia

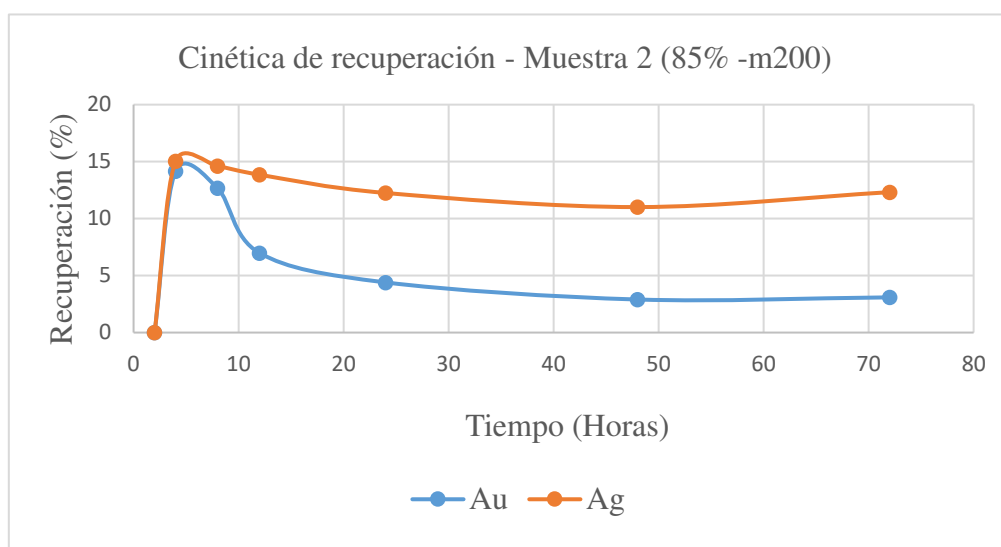
**Tabla 38.-** Balance metalúrgico lixiviación – Muestra 2

Tiempo (Horas)	Vol. Sol (l)	Leyes (mg/L)		Extracción (%)	
		Au	Ag	Au	Ag
2	4.67	0.14	0.06	14.15	15.04
4	4.67	0.12	0.06	12.66	14.6
8	4.67	0.06	0.06	6.98	13.85
12	4.67	0.04	0.05	4.4	12.25
24	4.67	0.02	0.04	2.9	11.01
48	4.67	0.03	0.04	3.09	12.32
72	4.67	0.03	0.16	2.5	42.53
RIPIO	1998.00 g	2.17 g/t	<0.50 g/t	97.5	57.47
Cab. Calculado	2000.0 g	2.24 g/t	0.88 g/t	100	100
Cab. Ensayado		2.92 g/t	<0.50 g/t		

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el balance metalúrgico, utilizando las leyes reportadas de las alícuotas de soluciones ricas (cianuradas), el cual se presenta en las tablas siguientes 38 y 39.

La extracción de Au y Ag a las 72 horas de iniciada la prueba fue de 2.5% y 42.53% respectivamente.



**Figura 59 .-** Gráfico de cinética de extracción de Au / Ag – Muestra 2

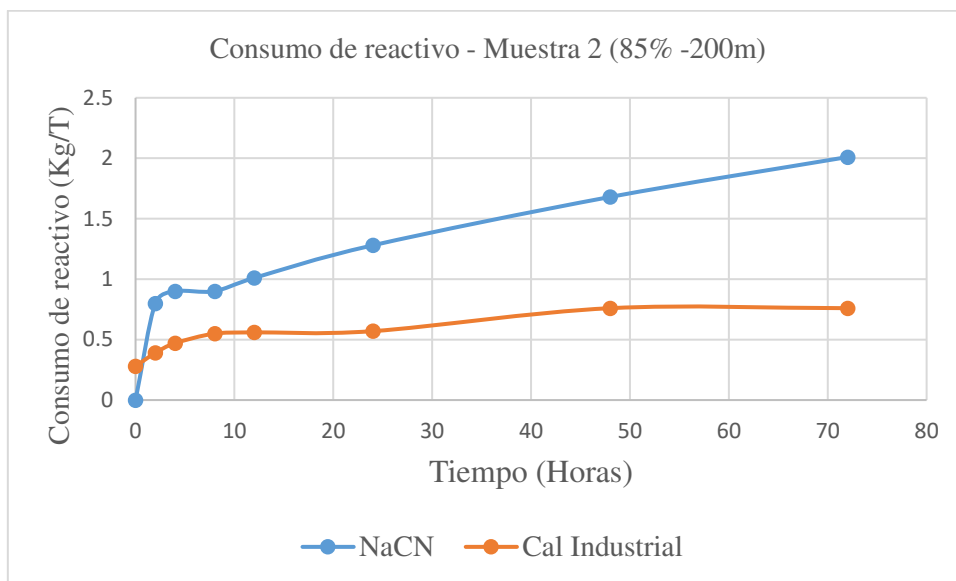
**Tabla 39.-** Consumo de Reactivos – Lixiviación cianurada – Muestra 2

Tiempo (horas)	pH		Acum (Kg/T)	
	Inicial	Final	NaCN	Cal Industrial
0	7.7	10.55	0	0.28
2	10.25	10.57	0.8	0.39
4	10.32	10.58	0.9	0.47
8	10.5	10.62	0.9	0.55
12	10.42	10.53	1.01	0.56
24	10.53	10.62	1.28	0.57
48	10.44	10.57	1.68	0.76
72	10.46	-	2.01	0.76

Fuente: Elaboración propia

Según el grafico en el tiempo de 2 horas el porcentaje de recuperación del Au está en 14.15% y 15.04% de Ag respectivamente y en el tiempo de 72 horas el porcentaje de recuperación desciende bruscamente con un 2.5% de Au y 42.53% de Ag.

El consumo acumulado de NaCN y Cal industrial luego de las 72 horas es de 2.01 Kg/t y 0.76 Kg/t respectivamente.



**Figura 60.-** Gráfico de consumo de reactivos – Muestra 2

La baja recuperación de Au se debe a que existe efecto preg robbing, debido al contenido de carbón orgánico en la muestra (0.13%).

Al tener este reporte se mandó a hacer un análisis geoquímico a la roca encajonante (pizarra), para precisar el contenido de carbón bituminoso en el compósito mineralógico; obteniéndose como resultado 1.12 % de contenido de carbón bituminoso en el mineral (Ver Anexo B).

Una medida de mitigación o neutralización para el efecto preg robbing sería la utilización del tiosulfato de amonio como un proceso alternativo a la lixiviación con cianuro lo cual a su vez es un proceso más amigable con el medio ambiente, la única desventaja sería el alto consumo de este reactivo posee una cinética más rápida para la solubilización del oro en relación a la clásica lixiviación por cianuración.

## 6.7 Flotación Rougher

### 6.7.1 Muestra compósito

Se procedió a realizar pruebas de flotación para determinar si los problemas que se tenían en planta era el acondicionamiento del mineral o las lamas generadas en molienda debido a una mala liberación del mineral para esto se procedió a realizar 02 pruebas de flotación rougher a partir de las muestras 1, 2 y 3 variando la granulometría de alimentación a 65% -200m y 85% -m200. Las condiciones y los resultados obtenidos se presentan en las siguientes tablas.



**Figura 61.- Pruebas de flotación (Fuente: El Autor)**

**Tabla 40.-** Condiciones de flotación Ro – Muestra I

Nombre de Muestra	Muestra -1		Código de muestra		A1 - A2	
Peso Alimento (g)	1000		Vol. Celda (cc)		3000	
% sólidos molienda	66%		% Sólidos Flot.		34%	
Grado de molienda	65 y 85% -200m		P80 (μm)		110 y 65	
Etapa	Tiempo (min)	pH	Consumo de Reactivos (g/T)			
			MIBC	A-404	Z-11	CuSO4
Molienda	-	7.7	-	-	-	-
Acond. Rougher	5	7.7	43	27	118	50
Flot. Rougher I	3	7.7	32	13	62	-
Flot. Rougher II	7	7.7	16	-	17	-
TOTAL	-	-	91	40	197	50

**Tabla 41.-** Balance metalúrgico flotación Ro –Muestra 1 (A1) (65% -m200)

Productos	PESO	LEY				RECUPERACIONES (%)			
		(g/T)		(%)					
	(%)	Au	Ag	As	Fe	Au	Ag	As	Fe
Conc. Ro. (A1)	11.96	1.64	0.8	1.39	12.04	86.42	17.86	87.08	32.43
Relave	88.04	0.04	<0.5	0.03	3.41	13.58	82.14	12.92	67.57
Cab. Calculada	100	0.23	0.54	0.19	4.44	100	100	100	100
Cab. Ensayada		0.24	<0.50	0.15	4.15				

**Tabla 42.-** Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 1 (A2) (85% -m200)

Productos	PESO	LEY				RECUPERACIONES (%)			
		(g/T)		(%)					
	(%)	Au	Ag	As	Fe	Au	Ag	As	Fe
Conc. Ro. (A2)	10.9	1.78	0.8	1.1	10.91	87.9	16.36	78.86	27.45
Relave	89.1	0.03	<0.5	0.04	3.53	12.1	83.64	21.14	72.55
Cab. Calculada	100	0.22	0.53	0.15	4.33	100	100	100	100
Cab. Ensayada		0.24	<0.50	0.16	4.16				

Fuente: Elaboración Propia

## 6.7.2 Muestra 2

**Tabla 43.-** Condiciones de flotación Ro – Muestra 2

Nombre de Muestra		Muestra 2		Código de muestra		A3 - A4
Peso Alimento (g)		1000		Vol. Celda (cc)		3000
% sólidos molienda		66%		% Sólidos Flot.		34%
Grado de molienda		65 y 85% -200m		P80 (μm)		100 y 68
Etapa	Tiempo (min)	pH	Consumo de Reactivos (g/T)			
			MIBC	A-404	Z-11	CuSO4
Molienda	-	7.7	-	-	-	-
Acond. Rougher	5	-	42	28	90	50
Flot. Rougher I	3	7.9	30	12	30	-
Flot. Rougher II	7	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	72	40	120	50

**Tabla 44.-** Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 2 (A3) (65% -m200)

Productos	PESO	LEY				RECUPERACIONES (%)			
		(g/T)		(%)					
	(%)	Au	Ag	As	Fe	Au	Ag	As	Fe
Conc. Ro. (A3)	6.39	40.42	7.6	0.88	26.25	94.48	50.91	93.77	45.48
Relave	93.61	0.16	<0.5	0	2.15	5.52	49.09	6.23	54.52
Cab. Calculada	100	2.73	0.95	0.06	3.69	100	100	100	100
Cab. Ensayada		2.92	<0.50	0.06	3.47				

**Tabla 45.-** Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 2 (A4) (85% -m200)

Productos	PESO	LEY				RECUPERACIONES (%)			
		(g/T)		(%)					
	(%)	Au	Ag	As	Fe	Au	Ag	As	Fe
Conc. Ro. (A4)	5.14	57.3	9.5	0.87	26.98	95.54	50.74	88.75	39.23
Relave	94.86	0.16	<0.5	0.01	2.27	4.46	49.26	11.25	60.77
Cab. Calculada	100	3.08	0.96	0.05	3.54	100	100	100	100
Cab. Ensayada		2.92	<0.50	0.06	3.47				

Fuente: Elaboración Propia

### 6.7.3 Muestra 3

**Tabla 46.-** Condiciones de flotación Ro – Muestra 3

Nombre de Muestra		Muestra 3	Código de muestra			A5 – A6
Peso Alimento (g)		1000	Vol. Celda (cc)			3000
% sólidos molienda		66%	% Sólidos Flot.			34%
Grado de molienda		65 y 85% -200m	P80 (µm)			115 y 67
Etapa	Tiempo (min)	pH	Consumo de Reactivos (g/T)			
			MIBC	A-404	Z-11	CuSO4
Molienda	-	7.9	-	-	-	-
Acond. Rougher	5	-	118	32	135	50
Flot. Rougher I	3	7.9	42	28	90	-
Flot. Rougher II	7	-	-	-	-	-
TOTAL	-	-	160	60	225	50

**Tabla 47.-** Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 3 (A5) (65% -m200)

Productos	PESO	LEY				RECUPERACIONES (%)			
		(g/T)		(%)					
	(%)	Au	Ag	As	Fe	Au	Ag	As	Fe
Conc. Ro. (A5)	12.38	12.45	1.8	1.01	11.28	82.13	33.73	92.85	26.51
Relave	87.62	0.16	<0.5	0.01	4.42	17.87	66.27	7.15	73.49
Cab. Calculada	100	1.88	0.66	0.13	5.27	100	100	100	100
Cab. Ensayada		1.95	<0.50	0.12	5.06				

**Tabla 48.-** Balance metalúrgico flotación Ro – Muestra 3 (A6) (85% -m200)

Productos	PESO	LEY				RECUPERACIONES (%)			
		(g/T)		(%)					
	(%)	Au	Ag	As	Fe	Au	Ag	As	Fe
Conc. Ro. (A6)	10.93	16.78	1.7	0.93	10.63	90.43	29.44	88.39	22.96
Relave	89.07	0.22	<0.5	0.02	4.38	9.57	70.56	11.61	77.04
Cab. Calculada	100	2.03	0.63	0.12	5.05	100	100	100	100
Cab. Ensayada		1.95	<0.50	0.12	5.06				

Fuente: Elaboración propia

Los reactivos empleados en las pruebas de flotación fueron el CuSO<sub>4</sub> como agente activador de los sulfuros presentes, el A-404 como colector primario específico de las



especies portadoras de Au, el xantato Z-11 como colector secundario y la aplicación del MIBC como espumante de característica fuerza débil.

Las recuperaciones de Au obtenidas en el concentrado Rougher varia de 86.42% (65% - m200) a 87.90% (85% -m200); Muestra- 1, de 94.48% (65% -m200) a 95.54% (85% - m200); Muestra - 2 y de 82.13% (65% -m200) a 90.43% (85% -m200); Muestra - 3.

## **6.8 Pruebas metalúrgicas de cianuración a una mezcla (blending) distinto**

El objetivo de esta prueba es evaluar el comportamiento y respuesta metalúrgica para un blending de 55% de veta Inkaracay y 45% de veta Mina Sanca 2, Para esto se realizaron las siguientes pruebas.

- 01 prueba metalúrgica de cianuración directa.
- 01 prueba metalúrgica de cianuración con carbón en pulpa (CIP).
- 01 prueba de cianuración directa desde molienda.
- 01 prueba de cianuración desde molienda seguida de carbón en pulpa (CIP).

### **6.8.1 Preparación de muestras**

La muestra fue secada, homogeneizada, cuarteada y se obtuvieron porciones representativas para realizar:

- Ensayo químico de cabeza
- Análisis granulométrico en malla 200 para determinar el (%) menos 200 mallas
- Pruebas de cianuración por agitación directa.
- Carbón en pulpa (CIP)
- Cianuración directa desde molienda
- Cianuración directa desde molienda y seguido con carbón en pulpa (CIP)

### 6.8.2 Condiciones de cianuración

Las condiciones fueron: Relación de sólido a líquido ( $S/L = 1/2$ ), se agitaron durante 72 horas con controles de 2h, 4h, 8h, 12h, 24h, 48h y 72h, en cada control se verifica el pH, el consumo de NaCN y se tomaban una muestra para enviar a ensayo químico.

Después de 72 horas se lavan los ripios con agua fresca hasta eliminar los valores disueltos y eliminar la presencia de cianuro de sodio, se secan, homogenizan, se obtienen muestras y contramuestras, para luego enviar para su ensayo químico.

En la tabla 49 se muestra las leyes calculadas de oro y plata en el concentrado de flotación

**Tabla 49.-** Ley calculada de oro y plata

Prueba N°	Granulometría	Cabeza calculada (g/l)	
		Au	Ag
1	Cianuración sin molienda + carbón en pulpa	59.05	3.25
2	Cianuración con molienda + carbón en pulpa	54.77	3.03
<b>PROMEDIO</b>		<b>56.91</b>	<b>3.14</b>
	<b>Ley (Oz/t)</b>	<b>1.83</b>	<b>0.1</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 50.-** Actividades a desarrollar

Item	Muestra	Granulometría	Fuerza NaCN	Agitación (h)
1	Secado muestra concentrado	.....	.....	.....
2	Homogenizado y cuarteo	.....	.....	.....
3	Tamizado malla 200 muestra concentrado	.....	.....	.....
4	Molienda de muestra concentrada por 10 min	.....	.....	.....
5	Tamizado malla 200 muestra concentrado	.....	.....	.....
6	Determinación de pH natural	13.2% menos 200 mallas	.....	24
7	Determinación de consumo de cal	13.2% menos 200 mallas	.....	24
8	Determinación de gravedad específica	13.2% menos 200 mallas	.....	.....
9	Cianuración directa	13.2% menos 200 mallas	1000	72
10	Cianuración de carbón en pulpa (CIP)	13.2% menos 200 mallas	1000	72
11	Cianuración directa desde molienda	4.9% menos 200 mallas	1000	72
12	Cianuración desde molienda seguida de carbón en pulpa (CIP)	4.9% menos 200 mallas	1000	72

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 51.- Programa de pruebas**

Item	Prueba	Granulometría	Peso (Kg)	Fuerza NaCN	pH	Agitación (h)
1	Cianuración directa	13.2% menos 200 mallas	1.0	1000	11	72
2	Cianuración de carbón en pulpa (CIP)	13.2% menos 200 mallas	1.0	1000	11	72
3	Cianuración directa desde molienda	4.9% menos 200 mallas	1.0	1000	11	72
4	Cianuración desde molienda seguida de carbón en pilpa (CIP)	4.9% menos 200 mallas	1.0	1000	11	72

Fuente: Elaboración propia

### 6.8.3 Presentación de resultados

#### 6.8.3.1 Tamizado concentrado sin molienda

Se realizó el tamizado en malla 200 para determinar el % más 200 mallas y el % menos 200 mallas, los resultados los podemos ver en el siguiente cuadro.

**Tabla 52.- Tamizado concentrado sin molienda**

# MALLA	PESO	
	(g)	(%)
200	132	13.2
-200	868	86.8
TOTAL	1000	100

Fuente: Elaboración propia

#### 6.8.3.2 Tamizado concentrado con molienda

En la tabla 51 se muestran las actividades a desarrollarse en los procesos metalúrgicos previamente mencionados.

**Tabla 53.- Tamizado concentrado con molienda**

# MALLA	PESO	
	(g)	(%)
200	49	4.9
-200	951	95.1
TOTAL	1000	100

Fuente: Elaboración propia

### **6.8.3.3 Determinación de pH natural y consumo de cal**

El peso de concentrado que se tomó fue de 1.0 kg, se agitó por 24 horas para determinar el pH natural el cual fue de 6.5.

Para el consumo de cal se fue agregando pequeños pesos, se agitaba por espacio de 2 horas, luego se mide el valor de pH, hasta, así se continúa hasta llegar al pH de cianuración igual a 11, como está conformado por sulfuros se debe mantener el pH estable en este valor no menor. El consumo de cal fue de 2.23 kg/t.

### **6.9 Prueba de cianuración directa por agitación en botellas**

La muestra de concentrado de flotación con contenido de oro tiene una granulometría de 13.2% menos 200 m.

El objetivo de esta prueba es determinar su respuesta metalúrgica a la cianuración directa por los antecedentes de una prueba anterior que se realizó con el mineral y su comportamiento fue la existencia de preg-robbing por la presencia de materiales carbonáceos.

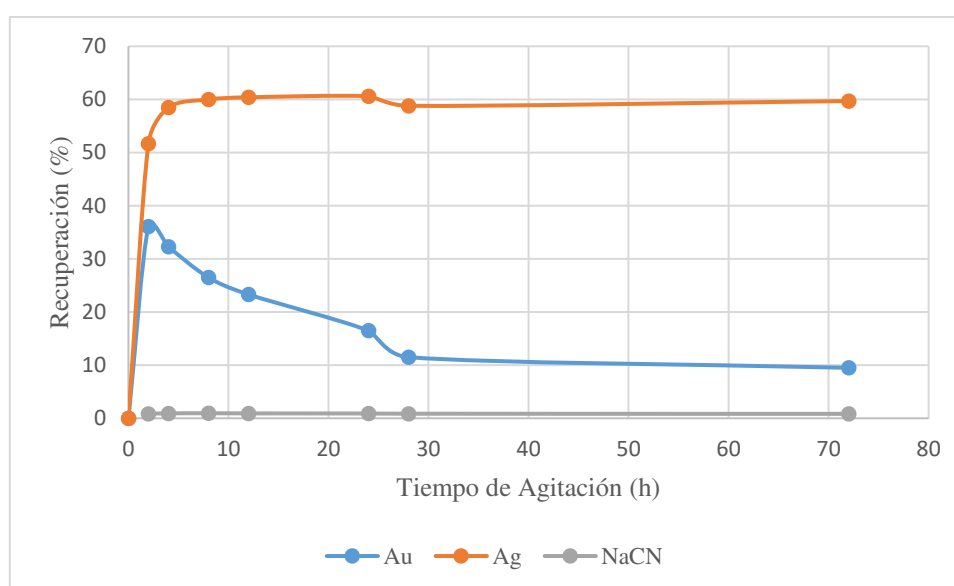
Los resultados nos muestran que en 2 horas de cianuración se llega a una extracción de 36.10% de oro, a las 4 horas de cianuración el oro en solución baja a 32.24% y conforme avanza el tiempo disminuye la presencia de oro disuelto en la solución hasta llegar en 72 horas a 9.5%. La cinética de extracción nos demuestra que existe preg-robbing.

Con la plata no presenta preg-robbing, porque su extracción ascendente obteniendo una buena extracción y se mantiene muy cerca de estos valores, la curva se vuelve asintótica.

**Tabla 54.- Balance y resultados prueba N°1**

PRUEBA N°1								
72 Hr. De agitación en botella con una granulometría de 13.2% -200m, % sólidos 34, con 0.1% NaCN en solución								
Producción	Peso (gr)	Alicuota (gr)	Ensayo (ppm)		Contenido (mgr)		Distribución %	
			Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
2 horas, solución de lixiviación	2000	60	10.66	0.84	21.32	1.68	36.1	51.7
4 horas, solución de lixiviación	2000	60	9.2	0.93	19.04	1.9	32.3	58.5
8 horas, solución de lixiviación	1950	60	7.42	0.95	15.67	1.95	26.5	60
12 horas, solución de lixiviación	1950	60	6.22	0.92	13.76	1.96	23.3	60.4
24 horas, solución de lixiviación	1950	60	3.95	0.9	9.71	1.97	16.5	60.6
48 horas, solución de lixiviación	1900	60	2.39	0.86	6.79	1.91	11.5	58.8
72 horas, solución de lixiviación	1950	0	1.65	0.83	5.61	1.94	9.5	59.7
72 horas, solución de lixiviación	1000		37.73	1.28	37.73	1.28	63.9	39.4
Cabeza Calculada			59.05	3.25	59.05	3.251	100	100

Fuente: Elaboración propia



**Figura 62.-** Cinética de cianuración prueba N° 1. (Fuente: El autor)

### 6.10 Prueba de cianuración por agitación en botellas con carbón en pulpa

La muestra de concentrado de flotación con contenido de oro con una granulometría de 13.2% - 200m.

El objetivo de esta prueba es determinar su respuesta metalúrgica a la cianuración con carbón en pulpa para ver el comportamiento por los antecedentes de una prueba anterior

que se realizó con mineral y su comportamiento fue la existencia de preg- robbing por la presencia de minerales carbonáceos.

Los resultados nos muestran que en 2 horas de cianuración existe 5.93% de oro en la solución el resto de oro disuelto fue absorbido por el carbón activado presente en la pulpa.

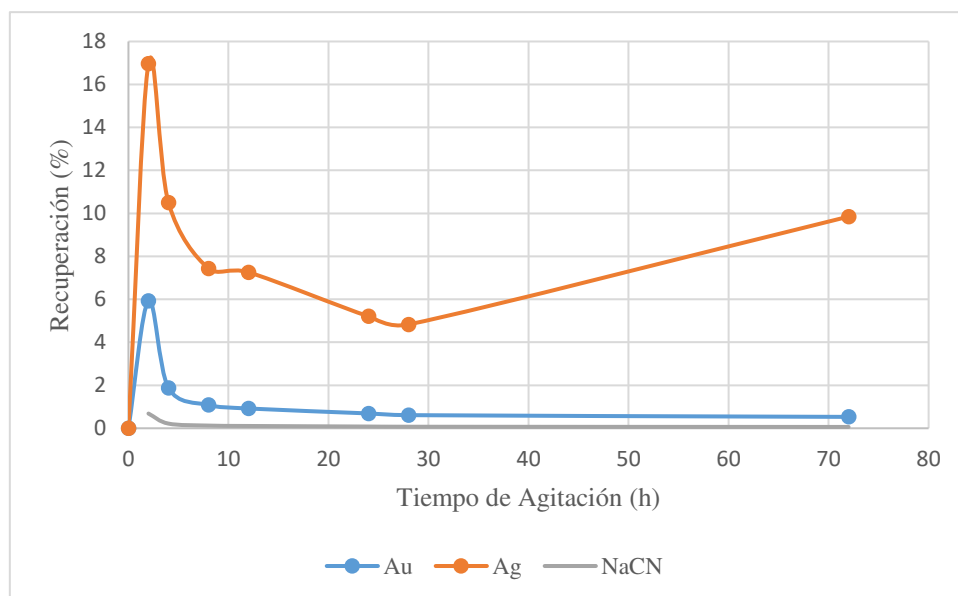
En 72 horas de cianuración existe 0.53% de oro presente en la solución.

La plata también es absorbida en el carbón activado, de 51.7% extraído en 2 horas en cianuración directa, con carbón en pulpa tenemos 16.97% de plata presente en la solución.

**Tabla 55 .-** Balance y resultados prueba N°2

MUESTRA: Concentrado flotación, 13.2% menos 200m										
CODIGO: Cianuración carbón en pulpa (CIP)										
PRUEBA N°2										
72 Hr. De agitación en botella con una granulometría de 13.2% -200m, % sólidos 34, con 0.1% NaCN en solución										
Producción	Peso (gr)	Alicuota (gr)	Ensayo (ppm)			Contenido (mgr)			Distribución %	
			Au	Ag	Cu	Au	Ag	Cu	Au	Ag
2 horas, solución de lixivi	2070	60	0.33	0.05		0.685	0.099	0	5.93	16.97
4 horas, solución de lixivi	2170	60	0.09	0.03		0.217	0.061	0	1.88	10.5
8 horas, solución de lixivi	2170	60	0.05	0.02		0.125	0.044	0	1.08	7.44
12 horas, solución de lixiv	2170	60	0.04	0.02		0.106	0.042	0	0.92	7.26
24 horas, solución de lixiv	2170	60	0.02	0.01		0.08	0.03	0	0.69	5.21
48 horas, solución de lixiv	2170	60	0.02	0.01		0.071	0.028	0	0.61	4.83
72 horas, solución de lixiv	2170		0.01	0.03		0.061	0.058	0	0.53	9.85
72 horas, solución de lixiv	1080		10.07	0.45		10.876	0.486	0	94.07	83.03
Cabeza Calculada			10.7	0.54	0	11.561	0.585	0	100	100

Fuente: Elaboración propia



**Figura 63.-** Cinética de cianuración prueba N° 2 (Fuente: El autor)

### 6.11 Prueba de cianuración directa desde molienda

La muestra de concentrado de flotación con contenido de oro tiene granulometría de 4.9% -200 m.

El objetivo de esta prueba es determinar su respuesta metalúrgica a la cianuración directa desde la molienda seguida por agitación en botellas. La molienda por 10 minutos.

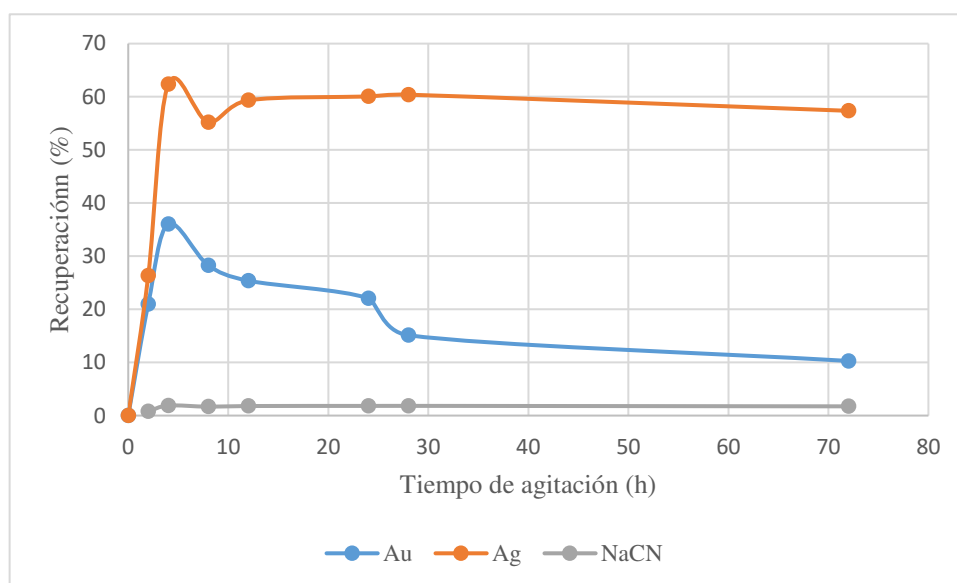
Los resultados nos muestran que en molienda se extrae 21% de oro, en 2 horas de cianuración se llega a una extracción de 36.03 % de oro, a partir de las 4 horas inicia el Preg-Robbing, conforme avanza el tiempo de cianuro disminuye la presencia de oro en la solución hasta llegar a 72 horas a 8.65% oro presente. La cinética de extracción nos demuestra que existe Preg-Robbing.

La plata en molienda se extrae 26.34%, la presencia de Preg-Robbing es menor a lo que se presenta con el oro.

**Tabla 56.- Balance y resultados prueba N°3**

<b>MUESTRA:</b> Concentrado flotación, 4.9% menos 200m								
<b>CODIGO:</b> Cianuración directa desde la molienda								
<b>PRUEBA N°3</b>								
<b>72 Hr. De agitación en botella con una granulometría de 4.9% -200m, % sólidos 34, con 0.1% NaCN en solución</b>								
Producción	Peso (gr)	Alicuota (gr)	Ensayo (ppm)		Contenido (mgr)		Distribución %	
			Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
Molienda 10 minutos	2000	60	3.679	0.40	7.36	0.798	21	26.34
2 horas, solución de lixiviación	2310	60	8.54	0.82	19.73	1.890	36.03	62.37
4 horas, solución de lixiviación	1800	60	8.32	0.90	15.49	1.673	28.27	55.21
8 horas, solución de lixiviación	1800	60	7.16	0.94	13.90	1.797	25.38	59.32
12 horas, solución de lixiviación	1800	60	5.92	0.92	12.09	1.819	22.07	60.05
24 horas, solución de lixiviación	1800	60	3.6	0.90	8.282	1.830	15.12	60.39
48 horas, solución de lixiviación	1750	60	2.03	0.83	5.630	1.737	10.28	57.35
72 horas, solución de lixiviación	1800		1.41	0.79	4.74	1.762	8.65	58.16
72 horas, solución de lixiviación	1000		35.04	1.14	35.04	1.140	63.97	37.63
Cabeza Calculada			54.77	3.03	54.772	3.03	100	100

Fuente: Elaboración propia



**Figura 64.-** Cinética de cianuración prueba N° 3. (Fuente: El autor).

## 6.12 Prueba de cianuración desde molienda seguido con carbón en pulpa

La muestra de concentrado de flotación con contenido de oro con una granulometría de 4.9% menos 200m.

El objetivo de esta prueba es determinar su respuesta metalúrgica a la cianuración con carbón en pulpa, luego de cianuración desde la molienda, para ver el comportamiento por los antecedentes de la existencia de preg- robbing por la presencia de material carbonaceo.



En molienda el oro se lixivia el 40.48% y la plata el 70.12%.

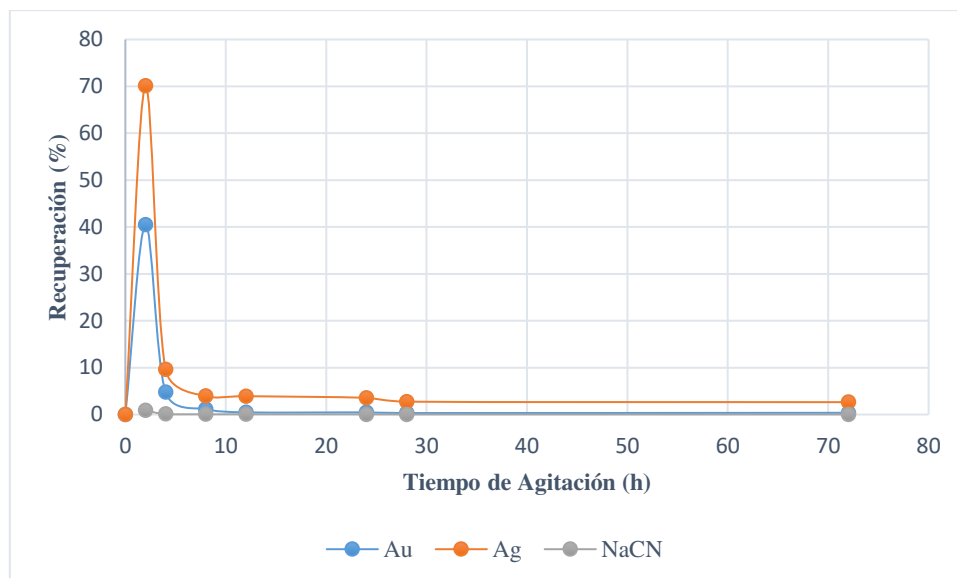
Luego de la molienda se continúa la cianuración con carbón en pulpa por agitación en botellas, los resultados nos muestran que en 2 horas de cianuración existe el 5.93% de oro en solución el resto de oro disuelto fue absorbido por el carbón activado presente en la pulpa y a las 72 horas de cianuración solo queda oro presente en la solución 0.33%.

La plata también es absorbida en el carbón activado, quedando el 6.55% de oro disuelto en la solución a las 72 horas de cianuración.

**Tabla 57.- Balance y resultados prueba N°4**

<b>MUESTRA:</b> Concentrado flotación, 4.9% menos 200m								
<b>CODIGO:</b> Cianuración directa desde la molienda seguido de carbón en pulpa (CIP)								
<b>PRUEBA N°4</b>								
<b>72 Hr. De agitación en botella con una granulometría de 4.9% -200m, % sólidos 34, con 0.1% NaCN en solución</b>								
Producción	Peso (gr)	Alicuota (gr)	Ensayo (ppm)		Contenido (mgr)		Distribución %	
			Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
Molienda 10 minutos	2160	60	3.679	0.399	7.95	0.86	40.48	70.12
2 horas, solución de lixiviación	1970	60	0.48	0.06	0.94	0.120	4.79	9.62
4 horas, solución de lixiviación	1800	60	0.11	0.03	0.22	0.05	1.15	3.95
8 horas, solución de lixiviación	1870	60	0.03	0.02	0.09	0.05	0.46	3.91
12 horas, solución de lixiviación	1870	60	0.03	0.02	0.09	0.04	0.46	3.57
24 horas, solución de lixiviación	1870	80	0.01	0.01	0.060	0.030	0.32	2.75
48 horas, solución de lixiviación	1820	60	0.02	0.01	0.070	0.03	0.37	2.64
72 horas, solución de lixiviación	1820		0.01	0.04	0.06	0.08	0.33	6.55
72 horas, solución de lixiviación	1080		10.82	0.34	11.69	0.370	59.52	29.88
Cabeza Calculada			18.178	1.14	19.632	1.229	100	100

Fuente: Elaboración propia



**Figura 65.-** Cinética de cianuración prueba N°4. (Fuente: El autor)

### 6.13 Evaluación de los resultados de pruebas metalúrgicas de cianuración a una mezcla (blending) distinto

El proceso de cianuración directa no es el más apropiado para este tipo de mineral ya que tiene una baja recuperación al mismo tiempo que el carbón es una traba ya que presenta efecto preg-robbin, esto se puede apreciar de acuerdo a la curva de cinética de recuperación.

La cianuración con carbón en pulpa es el proceso a seguir, tal como se puede ver en las pruebas de carbón en pulpa, se obtiene un resultado de 81.06% de oro y para la plata un 84.27% en recuperación.

El consumo de NaCN en promedio es de 1.16 Kg/T y 2.23 Kg/T de cal. Existen unos 10.76 g de oro que no se cianura, esto es por el encapsulamiento con la arsenopirita y pirita dentro de una matriz de cuarzo que no pueden ser completamente liberadas.

**Tabla 58.-** Tabla de resultados de pruebas metalúrgicas

CUADRO RESUMEN									
Prueba N°	Granulometría	cabeza calculada (g/t)		Ripios (g/t)		Extracción (%)		Cons. React. (Kg/TM)	
		Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag	Cal	NaCN
1	Cianuración sin molienda + carbón en pulpa (CIP)	59.05	3.25	10.7	0.54	81.88	83.39	2.26	0.59
2	Cianuración sin molienda + carbón en pulpa (CIP)	54.77	3.03	10.82	0.45	80.24	85.15	2.08	2.29
PROMEDIO		56.91	3.14	10.76	0.5	81.06	84.27	2.23	1.16
	Ley(Oz/t)	1.83	0.1	0.35	0.02				

Fuente: Elaboración propia

Si bien es cierto en las pruebas metalúrgicas se observaron para el caso de gravimetría se tiene porcentajes de oro en relave del 40% y en la flotación se tienen promedios bajos en las colas, pero un mayor porcentaje de plata en promedio un 50%, se podría desarrollar el proceso de recuperación de plata a partir de relaves de flotación mediante la lixiviación ácido- clorurante.

## **CAPITULO VII**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **7.1 Proceso metalúrgico seleccionado**

Mediante la mineragrafía se evidenció falencias en un buen grado de liberación en el mineral esto partía desde el chancado y molienda en planta, también se evidencio materiales carbonáceos que repercuten en un preg robbing. Esto generaba que el mineral no logre un grado de liberación óptimo o que actué como cianicida para la etapa de cianuración; si bien es cierto el concentrar por centrifugación es una manera óptima y económica pero no alcanza al porcentaje esperado llegando solo a concentrar partículas gruesas más no finas con una eficiencia del 59%.

Se determinó que el proceso metalúrgico más adecuado para el tipo de mineral trabajado es la flotación selectiva con una mezcla (blending) de 36% mineral de veta Inkaracay y 64% de mineral veta Mina Sanca 2, a una granulometría de 100  $\mu\text{m}$ , un porcentaje de solidos de 34% y a un pH ligeramente alcalino de 7.9, se brinda las condiciones de acondicionamiento necesario para obtener un concentrado de oro al 95.54% en recuperación.

#### **7.2 Efecto de la influencia mineralógica de la mena y ganga mediante la técnica mineragráfica**

Con el uso de la mineragrafía para tener una caracterización del mineral más profundo y fidedigno, se derivó a ejecutar un análisis microscópico tanto de luz polarizada como la microscopia electrónica de barrido, con lo cual se pudo observar en las asociaciones mineralógicas un encapsulamiento de oro en una matriz de cuarzo y pirita, presencia de

material carbonáceos, sulfosales de cobre y plomo las cuales impiden que la liberación del material valioso sea buena, parte de las gangas que son perjudiciales en el proceso metalúrgico son las arsenopiritas que actúan como cianicidas al igual que el manto de roca pizarra que cubre la matriz de cuarzo gris y que por su dureza impide que la liberación del metal valioso en molienda no sea la más adecuada.

### **7.3 Efecto de las pruebas metalúrgicas para seleccionar el proceso**

Para seleccionar el proceso metalúrgico adecuado se trajo 200 Kg de mineral sin tratar de las dos vetas Inkaracay y Mina Sanca 2, se realizaron 5 pruebas metalúrgicas según sus características del mineral y por tipo de mezcla (blending), primeramente se determinó la moliendabilidad evaluando el tiempo de molienda en cuatro tiempos de 5,10,15 y 20 minutos respectivamente; según la complejidad del mineral se determinó que el tiempo promedio es de 19.37 minutos con un P80 de 100 micrones siendo así lo más idóneo para lograr una mejor liberación del mineral.

Una vez obtenido el tiempo de molienda y granulometría adecuada realizamos dos pruebas metalúrgicas de los cuales destacaron la flotación selectiva seguida de concentración gravimétrica que fueron los que obtuvieron mejor porcentaje de recuperación según las características del mineral; pero se destacó por sobre toda la flotación selectiva al obtener un 95% en recuperación de oro, con una mezcla (blending) de 36% mineral de veta Inkaracay y 64% de mineral veta Mina Sanca 2.

No obstante, también se realizó pruebas de cianuración en botellas y cianuración con molienda y sin molienda; debido a que el mineral en su roca encajonante presenta material carbonáceo (pizarras), se produce efecto preg robbing, lo cual hace que el mineral de oro se concentre en los intersticios del mismo carbón bituminoso propio del mineral, y esto a su vez pierda eficiencia con el cianuro y no logre ser capturado por el mismo.

#### **7.4 Efecto de la mineragrafía en la recuperación de oro**

Mediante mineragrafía se pudo determinar que las variables que guardaban relación a una baja recuperación era el grado de liberación no alcanzado en las etapas de chancado y molienda, esto a su vez repercutía en las etapas posteriores; teniendo como información preliminar la caracterización mineragráfica, intuimos con qué tipo de mineral estamos tratando y cuál será su tratamiento metalúrgico adecuado, por consiguiente, se estableció que el proceso metalúrgico más óptimo es la flotación selectiva debido a las características del mineral.

## CONCLUSIONES

1. Las estructuras mineralizadas de las vetas Inkaracay y Mina Sanca 2, se encuentran como formación tipo intrusivo en el batolito de Queros y la formación Sandia, se evidencia un emplazamiento de roca metamórfica (pizarra) superpuesta en los mantos de cuarzo dentro de los cuales se aprecia una piritización y esto deriva a un encapsulamiento del material valioso (oro).
2. El yacimiento Aurífero es de tipo orogénico con mantos tipo sulfuros masivos volcanogénicos (VMS), los fluidos mineralizados fueron removidos por las deformaciones producidas por la orogenia estas a su vez atribuyeron a la formación de mantos; las vetas de cuarzo pertenecen a una etapa siguiente de emplazamiento sobre zonas de cizalla que se produjeron por emplazamientos de rocas ígneas hipo abisales del pérmico triásico.
3. Según la mineragrafía con el uso del microscopio de luz polarizada, el oro se encuentra entre los tamaños de 10 a 60 micras con un grado de liberación del 80%; y entre los tamaños de 20 a 30 micras el oro se encuentra en inter crecimiento con el cuarzo, goethita, pirita y arsenopirita.
4. Al caracterizar el mineral con el uso de un microscopio electrónico de barrido (MEB), se demuestra que la composición del Electrum es de 92.99% de Au y 7.01% de Ag, la Pirita y la Arsenopirita contienen oro en su red cristalina con tamaños de oro de hasta 2 micras.
5. La caracterización mineragráfica previa ayudo a determinar el porcentaje de gangas presentes en el cuerpo mineralógico, estas a su vez sirvieron como base para analizar qué características afectarán en un proceso metalúrgico. Se procedió a realizar 8 pruebas metalúrgicas para esto se utilizó 300 kg entre concentrado metálico y pulpa de mineral sin tratar.

6. Se determinó que el proceso metalúrgico más adecuado para el procesamiento y recuperación de la mena valiosa es la flotación selectiva, debido a sus propiedades de recolección para oro de granulometría fina, 85% malla -200 trabajando con una mezcla (blending) de 36% mineral de veta Inkaracay y 64% de mineral veta Mina Sanca 2, a una granulometría de 100  $\mu\text{m}$ , un porcentaje de sólidos de 30% y a un pH ligeramente alcalino de 7.9, se brinda las condiciones de acondicionamiento necesario como espumante MIBC debido a que el mineral es un roca de tipo competente, se utilizan 2 colectores como el Aero – 404 y el xantato Z-11 como un colector de características más selectivas que el Z-6, un activado como el sulfato de cobre para activar las propiedades de la blenda y deprimir a la galena para obtener un concentrado de oro al 95.54% en recuperación.



## RECOMENDACIONES

- Realizar un zoneamiento y geoquímica de todo el yacimiento, para evaluar las leyes en todo el compósito mineralógico y así mejorar el blending para el procesamiento en planta.
- El producto de la chancadora de mandíbula 8'' x 10'' es demasiado grande, llegando algunas veces hasta un tamaño de 1 ½''; esto es debido al desgaste en las muelas de la chancadora se debe reparar y buscar una chancadora secundaria ya que es indispensable una combinación de tamaños y esta debe ser 100% - ½''.
- La instalación de una zaranda vibratoria de alta frecuencia antes del proceso gravimétrico ayudaría a mejorar la ley del concentrado.
- Se debe reforzar el dique de la relavera, recuperar y reutilizar el agua de proceso.
- Se debe cambiar las chaquetas del molino de bolas de 3' x 5'; así mismo se debe instalar un molino de bolas secundario esto con el fin de lograr un producto deseado de 80% - 200 mallas, con esto pretendemos una mayor liberación para los sub siguientes procesos metalúrgicos.
- Evaluar la posibilidad de poner un área de remolienda al relave de flotación esto con el fin de incrementar en unos puntos la recuperación a través de una cianuración CIP.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Audebaud, E. (1973) Estudio geológico de las regiones de Sicuani Ocongate (cordillera oriental del sur peruano), Grenoble. Pag. 59.
2. Betejtin, A. Curso de Mineralogía, Editorial MIR-MOSCU, Rusia. 1970.
3. Castro S. y García, J. (2003) "Flotación fundamentos y aplicaciones", Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Universidad de Concepción; Chile
4. Emmons, W. (1937) Gold Deposits of the World. Editorial McGraw-Hill. Pág. 258-260.
5. Estrada, W., Solís, J., Rodríguez, J. (2009). Recubrimientos delgados obtenidos por procedimientos físico-químicos. UNI Editorial Universitaria. Perú.
6. Goldfarb, Phillips y Nokleberg, (1998), Ajuste tectónico de depósitos de oro sin orogénico de la costa del pacífico – revisión de geología del mineral. Pág. 185 – 218.
7. Groves et al., (1998), depósitos de oro orogénico – una clasificación propuesta en el contexto de la distribución de la corteza y relación a otros tipos de depósitos de oro- revisión de geología del mineral.
8. Hernández, R y Fernández, C Metodología de la investigación Editorial Mc Graw Hill 5ª edición 2010.
9. Hulburt, C. (1986) "Manual de Mineralogía de DANA", Editorial Reverte – Madrid, España.
10. Ibartz et al., (1969), Química general moderna, Editorial Marín, Barcelona, España.
11. López, J., (2019), Microscopia práctica de minerales opacos. Universidad Complutense de Madrid, España.

12. Misari, F. (1993). Metalurgia del oro, Lima, Perú.
13. Palache et al., (1916), El sistema de mineralogía de Dana, tomo I, Wiley, New York, Pág. 168 – 170.
14. Quiñonez, J. (2014) Microscopia de minerales opacos Tratado de mineralogía. Cuarta edición, Co. Ed. Continental, México Atlas of ore minerals. Ediciones B.R.G.M.
15. Sancho, J y Verdeja, L. (2000) “Metalurgia Extractiva”, Vol. 1, Fundamentos, Editorial Síntesis, Madrid, España.
16. Schmitter, E. (2013) Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Vol. 10, No. 1/2 (1937), pp. 57-60
17. Steinmann, G. (1930) - Geología del Perú. Karl Winters Universitätsbuchhandlung,
18. Tumialán, P. (2005) Compendio de yacimientos minerales del Perú. Instituto de ingenieros de minas del Perú, Lima.
19. Vargas, J. (1992) Metalurgia del Oro y la Plata. 2da Edición, Editorial San Marcos, Lima, Perú.
20. Zappettini, E., Miranda-Angles, V., Rodriguez, C., Palacios, O., Cocking, R. (2001). Mapa metalogénico de la región fronteriza entre Argentina, Bolivia, Chile y Perú.

## BIBLIOGRAFIA DIGITAL

1. <https://www.ecured.cu/Oro>
2. <http://www.sgp.org.pe/wp-content/uploads/03-Rolando-Carrascal-Principales-tipos-de-yacimientos.pdf>
3. <https://ventadeorocmc.com/blog-venta-oro-cmc/tag/formacion-vetas-de-oro/>
4. <http://www.medellin.unal.edu.co/~rrodriguez/Oro%20orogenico.htm>
5. <https://es.wikipedia.org/wiki/Calaverita>
6. <https://es.wikipedia.org/wiki/Silvanita>
7. [http://nevada-outback-gems.com/mineral\\_information/Electrum\\_mineral\\_info.htm](http://nevada-outback-gems.com/mineral_information/Electrum_mineral_info.htm)
8. <http://cooperaccion.org.pe/wp-content/uploads/2017/03/La-Miner%C3%ADa-en-el-Sur-Andino-Cusco.pdf>
9. <http://biblioinstruccion.blogspot.com/2010/12/como-citar-imagenes-segun-el-estilo-apa.html>
10. <http://www.ingemmet.gob.pe/atlas-catastral-minero>
11. <https://www.raptravel.org/informacion-cusco-20atractivos-turisticos-comunidad-nativa-qeros.php>
12. <https://compuempresa.com/info/qero-s-gold-eirl-20602636357>
13. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-92122010000100005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-92122010000100005)
14. <https://www.ecured.cu/Oro>
15. <http://www.ingemmet.gob.pe/atlas-catastral-minero>
16. <https://es.slideshare.net/mtrodavidmaciasferrer/difraccin-de-rayos-x>
17. <http://www.panoramaminero.com.ar/ICMME.pdf>
18. [http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download\\_wiki\\_attachment.php?attId=233](http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=233)

19. [https://en.wikipedia.org/wiki/Heap\\_leaching](https://en.wikipedia.org/wiki/Heap_leaching)
20. <https://mineriaenlinea.com/glosario/lixiviacion/>
21. <https://hydrometallurgyperu.wordpress.com/lixiviacion-en-pilas/>
22. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-2122010000100005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-2122010000100005)
23. <https://slideplayer.es/slide/11118166/>
24. <https://glosarios.servidor-alicante.com/geologia/stockwork>
25. <https://techlandia.com/13080095/como-citar-una-palabra-de-un-glosario-en-apa>
26. <https://www.911metallurgist.com/blog/conceptos-basicos-de-flotacion-de-minerales>
27. <https://www.monografias.com/trabajos-pdf5/manual-flotacion-minerales/manual-flotacion-minerales.shtml>
28. <http://www.sgp.org.pe/wp-content/uploads/03-Rolando-Carrascal-Principales-tipos-de-yacimientos.pdf>
29. [file:///C:/Users/Usuario-pc/Downloads/presentacion%20Depositos\\_de\\_oro\\_orogenico.pdf](file:///C:/Users/Usuario-pc/Downloads/presentacion%20Depositos_de_oro_orogenico.pdf)
30. <https://ventadeorocmc.com/blog-venta-oro-cmc/tag/formacion-vetas-de-oro/>
31. <http://www.medellin.unal.edu.co/~rrodriguez/Oro%20orogenico.htm>
32. <https://es.wikipedia.org/wiki/Calaverita>
33. <https://es.wikipedia.org/wiki/Silvanita>
34. [http://nevada-outback-gems.com/mineral\\_information/Electrum\\_mineral\\_info.htm](http://nevada-outback-gems.com/mineral_information/Electrum_mineral_info.htm)
35. [https://books.google.com.pe/books?id=qH13\\_q60YpQC&pg=PA384&lpg=PA384&dq=nagyagita+mineral&source=bl&ots=Pybg0tph4Y&sig=ACfU3U183mAmCQkNZ6yJsJUin21WC2bKjQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj7xar3m9HiAh](https://books.google.com.pe/books?id=qH13_q60YpQC&pg=PA384&lpg=PA384&dq=nagyagita+mineral&source=bl&ots=Pybg0tph4Y&sig=ACfU3U183mAmCQkNZ6yJsJUin21WC2bKjQ&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj7xar3m9HiAh)

36. Vvx1kKHZ9-  
DR8Q6AEwC3oECAgQAQ#v=onepage&q=nagyagita%20mineral&f=false
37. [https://es.wikipedia.org/wiki/Oro\\_nativo](https://es.wikipedia.org/wiki/Oro_nativo)
38. <http://biblioinstruccion.blogspot.com/2010/12/como-citar-imagenes-segun-el-estilo-apa.html>
39. <http://www.ingemmet.gob.pe/atlas-catastral-minero>
40. [https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones\\_geologicas/Clasificacion-de-yacimientos-minerales.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Clasificacion-de-yacimientos-minerales.html)

# ANEXOS

#### DESCRIPCION MINERAGRAFICA

TESIS: INFLUENCIA MINERAGRÁFICA EN LA RECUPERACIÓN DE ORO EN LOS PROCESOS METALÚRGICOS DE LA MINERA QERO'S GOLD DE PAUCARTAMBO- CUSCO

SOLICITANTE: Alvaro Fernando Soto Mayorga

MUESTRA: M- 2

FECHA: 18 - 10 - 2019.

POR: Ing. Mauro Zegarra Carreón.

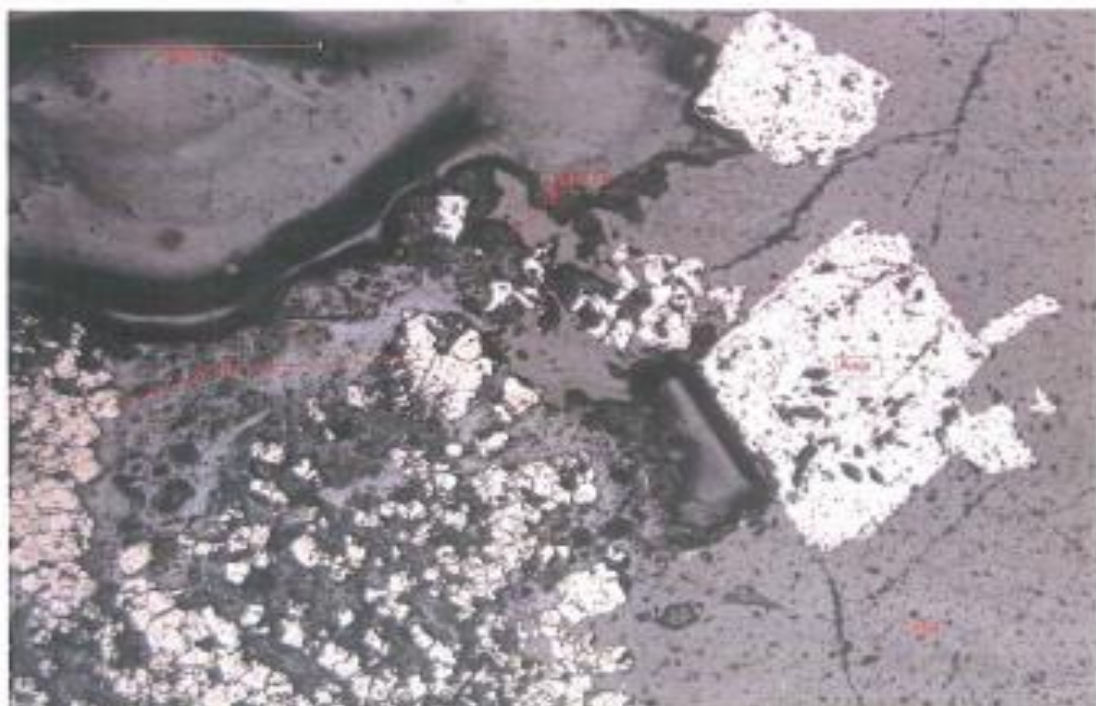


Foto Nro 01.- Muestra - 02 (Sección pulida en nicoles //). Pirita (Py) subhedral a anhedral y de menor tamaño que la arsenopirita > (Asp) euhedral. Ganga (Gg) compuesta de cuarzo e hidróxidos de Fe (Hdx-Fe).

  
Mauro Alberto Zegarra Carreón  
INGENIERO GEOLOGO  
CIP. 24395





**PETROMINERAGRAFIA:**

Estudio de rocas y minerales metálicos. Corte de rocas, secciones delgadas y secciones pulidas.

Dirección: Velasco Astete F-13, Wanchaq – Cusco

Cel.: 984449389

---

**DESCRIPCION PETROGRAFICA MACROSCOPICA**

**TESIS:** INFLUENCIA MINERAGRAFICA EN LA RECUPERACIÓN DE ORO EN LOS PROCESOS METALÚRGICOS DE LA MINERA QERO'S GOLD, PAUCARTAMBO-CUSCO

**SOLICITANTE:** Alvaro Soto Mayorga

**MUESTRA:** M- 01

**FECHA:** 08-10-2019

**POR:** ING. MAURO ZEGARRA CARREÓN.

**1. TEXTURA:** Veta de cuarzo de 3 a 4 cm de espesor, en roca caja pizarrosa con pirita finamente diseminada.


a). **COLOR:** Blanco lechoso

b). **Dureza:** 7 en la escala de Mohs

c). **Exfoliación:** Débilmente prismática casi perpendicular a la roca caja.

**2. CONTENIDO METÁLICO:**

Pirita finamente diseminada, aunque en el contacto veta - caja o inclusiones de la caja en la veta la pirita es de mayor tamaño (0.3 .1.0 mm)

  
Mauro Alberto Zegarra Carreón  
INGENIERO GEOLOGO  
CIP. 24395



**PETROMINERAGRAFIA:**

Estudio de rocas y minerales metálicos. Corte de rocas, secciones delgadas y secciones pulidas.

Dirección: Velasco Astete F-13, Wanchaq – Cusco

Cel.: 984449389

---

**DESCRIPCION PETROGRAFICA MACROSCOPICA**

**PROYECTO:** INFLUENCIA MINERAGRÁFICA EN LA RECUPERACIÓN DE ORO EN LOS PROCESOS METALÚRGICOS DE LA MINERA QERO'S GOLD, PAUCARTAMBO-CUSCO

**SOLICITANTE:** Alvaro Soto Mayorga

**MUESTRA:** M-02

**FECHA:** 08-10-2019

**POR:** ING. MAURO ZEGARRA CARREÓN.

1. **TEXTURA:** Veta de cuarzo de 2 cm de espesor, en roca caja pizarrosa con pirita finamente diseminada.


a). **COLOR:** Blanco lechoso y amarillento por pigmentación de la limonita

b). **Dureza:** 7 en la escala de Mohs

c). **Exfoliación:** Débilmente prismática casi perpendicular a la roca caja.

2. **CONTENIDO METÁLICO:**

Venillas con pirita (0.3-1.0 mm) y óxidos de Fe (Con Au ?) casi paralelas a la roca caja

  
Mauro Alberto Zegarra Carreón  
INGENIERO GEOLOGO  
CIP. 24395

## INFORME DE ENSAYO GQ1905158 Rev. 0

Página 1 de 1

<b>A solicitud de:</b>	ALVARO SOTO		
<b>Por cuenta de:</b>	ALVARO SOTO		
<b>Producto descrito como:</b>	ROCAS - Muestra Exploración Geoquímica y/o Minas	<b>Cantidad Muestras:</b>	1
<b>Tipo de Análisis:</b>	PREPARACION Y ANALISIS QUIMICO	<b>Fecha de Recepción:</b>	09/12/2019
<b>Localidad de preparación:</b>	CALLAO	<b>Fecha de Ensayo:</b>	Del 09/12/2019 Al 14/12/2019
<b>Descripción del Estado y Condición de la Muestra:</b>	En bolsas de plástico con nudo  Granulometría de 1 a 1.5 pulg y Peso aprox. de 1453 g. húmeda		
<b>Referencia Cliente:</b>	Cotización GQ-00181902/2019 Solicitud 09/11/2019		
<b>Notas:</b>			

Esquema	Método
PRMO	Pesado, secado 100°C, chancado - 10 mesh >90%, cuarteo, pulverizado de 250 g -140 mesh >95 %
CSA24V	SGS-INISOQ-ME-01/Octubre 2017/ Rev.08/ Minerales y Residuos : Azufre y Carbono - LECO
PME_OGR	Peso de Muestra Recibida
PME_H10	ASTM E 389-09 / Particle Size or screen analysis at N°4 (4.75-mm) Sieve and coarser for Metal bearing ores and related materials
PME_H140	ASTM E 376-08 / Particle Size or screen analysis at N°4 (4.75-mm) Sieve and finer for Metal bearing ores and related materials

Elemento	C_Total	Peso Muestra	P_PEN10	P_PEN140
Esquema	CSA24V	PME_OGR	PME_H10	PME_H140
Unidad	%	g	%	%
Límite de Detección	0.01			
MUESTRA ÚNICA	1.12	1454	94.06	99
DUP MUESTRA ÚNICA	1.11	--	--	--

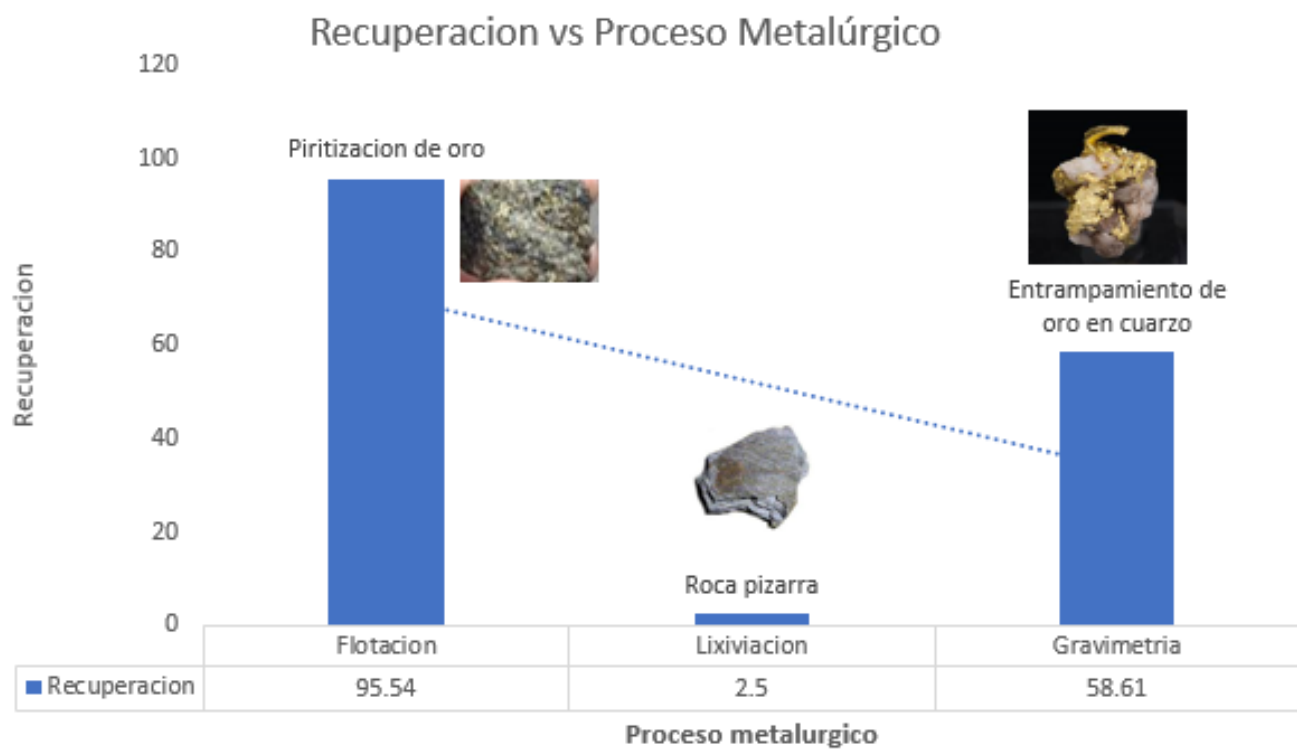
### Notas de Embarque:

Pesado el plazo de almacenamiento de 90 días para Remanentes o Polvos y 30 días para Residuos o Gruesos, se procederá a descartar las muestras. Favor no considerar esta información si se presentaron instrucciones al inicio del servicio.

Emitido en Callao-Perú el , 14/12/2019



Edgar Zárate Aguilar  
Supervisor de Laboratorios  
C.I.P. 22151



**Figura 66.-** Gráfico de caracterización de minerales perjudiciales con las Recuperaciones Metalúrgicas